WHITNEY LIBRARY,

HARVARD UNIVERSITY.



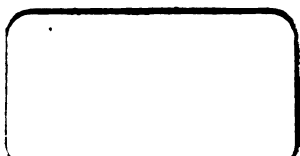
THE GIFT OF

J. D. WHITNEY,

Sturgis Hooper Professor

IN THE

MUSEUM OF COMPARATIVE ZOÖLOGY



ANNALES

DES MINES.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les ANNALES DES MINES sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Ministre des Travaux Publics. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, des membres du conseil général des mines, du directeur et des professeurs de l'École des mines, et d'un ingénieur, adjoint au membre remplissant les fonctions de secrétaire :

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des ANNALES DES MINES pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les ANNALES DES MINES doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux Publics, à M. l'ingénieur en chef, secrétaire de la commission des* ANNALES DES MINES, rue Bonaparte, n° 1, à Paris.

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 15 exemplaires de leurs articles formant au moins une feuille d'impression. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 9 fr. par feuille jusqu'à 50, 10 fr. de 50 à 100, et 5 fr. pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. Le tirage à part des planches est payé sur mémoire, au prix de revient.

La publication des ANNALES DES MINES a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les six livraisons annuelles forment trois volumes, dont un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. — Les deux volumes consacrés aux matières scientifiques et techniques contiennent de 70 à 80 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

PARIS. — IMPRIMÉ PAR E. THUNOT ET Ce, RUE RACINE, 26.

ANNALES
DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT,

RÉDIGÉES

PAR LES INGÉNIEURS DES MINES,

ET PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

SIXIÈME SÉRIE.

MÉMOIRES. — TOME IX.

PARIS.

DUNOD, ÉDITEUR,

SUCCESSEUR DE Vor DALMONT,

Précédemment Carilian-Gœury et Victor Dalmont,

LIBRAIRE DES CORPS IMPÉRIAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

Quai des Augustins, n° 49.

1866

BIBLIOGRAPHIE.

PREMIER SEMESTRE DE 1866.

OUVRAGES FRANÇAIS.

1° *Mathématiques pures.*

Annales de l'Observatoire impérial de Paris. T. VIII. In-4, VIII-399 p., 3 pl. (7166).

Annales de l'Observatoire impérial de Paris. T. X. 1852-1853. In-4, VI-352 p. (3311).

BRETON. Questionnaire des porismes. Notice sur les débats de priorité auxquels a donné lieu l'ouvrage de M. Chasles sur les porismes d'Euclide, suivie de l'explication de ce que c'est qu'un porisme. In-8, 64 p. (5820).

CASTELNAU. Cours de mathématiques appliquées à l'usage des candidats aux emplois d'agents secondaires et de conducteurs des ponts et chaussées. Leçons préparatoires renfermant toutes les matières exigées par les programmes officiels d'examen d'admission aux différents services des travaux publics. Théorie, 1re et 2e partie; pratique, 1re et 2e partie. 4 vol. in-8, XXIV-616 p. (5823).

CHOISY. Note sur la courbure dissymétrique des degrés qui limitent au couchant la plate-forme du Parthénon. In-8, 7 p. (1578).

DELAUNAY. Traité de mécanique rationnelle. 4e édition. In-8, 543 p. (2894).

GUIRAUDET. Recherches sur la dynamique d'un point matériel. In-8, 35 p. (231).

LAMÉ. Leçons sur la théorie mathématique de l'élasticité des corps solides. 2e édition. In-8, XVI-335 p. (2104).

LUCAS. Théorie mathématique de la vision des corps lumineux. In-8, 16 p. (2336).

Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des sciences de l'Institut impérial de France, et imprimés par son ordre. Sciences mathématiques et physiques. T. XIX. In-4, 652 p. et 53 pl. (1435).

PONCELET. Traité des propriétés projectives des figures, ouvrage utile à tous ceux qui s'occupent des applications de la géométrie descriptive et d'opérations géométriques sur le terrain T. II. 2ᵉ édition. In-4, VIII-452 p. (7831).

SERRET. Cours d'algèbre supérieure. 3ᵉ édition. T. I. In-8, XV-643 p. (293).

— Cours d'algèbre supérieure. 3ᵉ édition. T. II. In-8, XII-664 p. (6673).

2° *Physique et Chimie.*

ADAM. Carte des ouragans des deux hémisphères. Janvier 1866. In-plano, 1 p. (2445).

BARESWIL. Répertoire de chimie appliquée. Compte rendu des applications de la chimie en France et à l'étranger. In-8, 395 p. (334).

BAUR. Observations météorologiques faites à Metz en 1864, 3ᵉ année de la nouvelle série. In-8, 32 p. (336).

CHEVREUL. Distribution des connaissances humaines du ressort de la philosophie naturelle, conforme à la manière dont l'esprit humain procède dans la recherche de l'inconnu, en allant du concret à l'abstrait, et revenant de l'abstrait au concret. In-4, 66 p. (623).

— Histoires des connaissances chimiques. T. I. In-8, 487 p. et 1 pl. (6521).

COLLIN. Atmidométrie. Recherches expérimentales sur l'évaporation. In-8, 88 p., 19 tabl. (6526).

COULVIER-GRAVIER. Recherches sur les météores et sur les lois qui les régissent. In-8, XXXIV-372 p. (3129).

— Précis des recherches sur les météores et sur les lois qui les régissent. In-12, XVI-182 p. et 2 pl. (3372).

— Lettre sur les étoiles filantes. Gr. in-8, 151 p. (6313).

DELAUNAY. Première conférence du 3 avril 1866, sur le ralentissement du mouvement de rotation de la terre. In-8, 23 p. (5849).

FERRAND. Des matières colorantes dérivées de la houille, ou mémorandum concernant leur historique, leurs préparations, proprié-

tés, nature, action sur les ouvriers chargés de leur fabrication et leurs applications les plus générales. In-8, 35 p. (5622).

Jamson. Études sur la chimie contemporaine. In-8, VIII-216 p. (698).

Jullien. Introduction à l'étude de la chimie industrielle. In-12, 156 p. (2951).

Leçons de chimie professées en 1865 par MM. Berthelot de Luynes, Sainte-Claire Deville, Descloizeaux, Société chimique de Paris. In-8, 462 p. (5910).

Lefort. Étude pour servir à l'histoire des gaz des eaux minérales en général et des eaux thermales de Néris en particulier. In-8, 8 p. (5669).

Marié Davy. Météorologie. Les mouvements de l'atmosphère et des mers, considérés au point de vue de la prévision du temps. In-IV-503 p. (5683).

Martins. Sur la possibilité d'atteindre le pôle Nord, causes de l'insuccès des tentatives antérieures, expéditions projetées en Angleterre et en Allemagne. In-8, 40 p. (1671).

Mialhe. De la destruction des acides organiques dans l'économie animale envisagée au point de vue du régime à suivre à Vichy. Mémoire lu à la Société d'hydrologie médicale de Paris. In-8, 60 p. (2130).

Naquet. Cours de philosophie chimique. Leçon faite le 5 janvier 1866 à l'École pratique de la Faculté de médecine. De la constitution de la matière. In-8, 16 p. (2135).

Nicklès. Sur l'existence du perchlorure de manganèse et de ses congénères du brome et de l'iode; sur les combinaisons du bore avec les corps halogènes; sur la forme cristalline du sel gemme. In-8, 30 p. (2994).

Nouveaux aperçus sur les grandes forces de la nature, ou rôle de l'électricité dans la matière. In-8, 95 p. (735).

Pelouze et Fremy. Traité de chimie générale, analytique, industrielle et agricole. 3e édition. T. III, 2e partie, chimie inorganique, III. 2 in-8, 823-1579 p. (276).

Pelouze et Fremy. Traité de chimie générale, analytique, industrielle et agricole. 3e édition, avec figures dans le texte. Table générale des matières. In-8, 1013-1127 p. (6647).

Piquet. Note sur l'emploi du goniomètre de Babinet, pour la mesure des indices de réfraction et la mesure des angles des cristaux. In-8, 6 p. (1465).

Ploix. Météorologie nautique. Vents et courants. Routes générales. Extrait des Sailling, directions de Maury et des travaux les plus récents. In-4, VIII-248 p. et 13 pl. (7100).

Rivot. Docimasie. Traité d'analyse des substances minérales à l'usage des ingénieurs des mines et des directeurs de mines et d'usines. T. IV. Métaux proprement dits (suite), par M. L. E. Rivot, professeur à l'École des mines. In-8, 1132 p. (2407).

Seistier. De la foudre, de ses formes et de ses effets sur l'homme, les animaux, les végétaux et les corps bruts, des moyens de s'en préserver et des paratonnerres. 2 vol. in-8, xxxii-1116 p. (2429).

Sib. Ger. Météorologie. Lois et marches des météores par le système d'astrologie; avec un tableau indicateur perpétuel pour pouvoir connaître le temps, dix, vingt, quarante ans à l'avance; comment les saisons doivent se succéder, soit sèches, froides, chaudes, orageuses ou pluvieuses. In-8, 32 p. (1256).

Terreil. Questionnaire de chimie à l'usage des écoles. In-12, vi-118 p. (3525).

Virlet d'Aoust. Sur les salures différentes et les différents degrés de salure de certains lacs du Mexique. In-8, 12 p. (6002).

3° *Mécanique appliquée. Exploitation et droit des mines.*

Chrétien. Traité des machines-outils employés dans les usines et les ateliers de construction pour le travail des métaux. Ouvrage théorique et pratique renfermant une collection complète des meilleurs types de machines-outils. Édition grand format renfermant 16 pl. In-8, à 2 col., iii-204 p. (6738).

Desbrières. Études sur la locomotion au moyen du rail central, contenant la relation des expériences entreprises par MM. Brassey, Fell et compagnie pour la traversée du mont Cenis. In-8, 74 p. et 1 pl. (639).

Devèze. Balistique sous-marine. Calcul d'un projectile sous-marin explosif destiné à l'attaque des vaisseaux cuirassés. In-8, 32 p., 2 pl. (2899).

Dinée. Traité pratique du tracé et de la construction des engrenages de la vis sans fin et des cames; accompagné de 17 pl. In-18 jésus, 84 p. (7244).

Holley. Traité d'artillerie et cuirasses. 1re livr., avec pl., contenant 170 figures ou illustrations. In-8, xxxii-456 p. (434).

Le Roi. Travaux hydrauliques de Versailles sous Louis XIV. In-8, 70 p. (1414).

Martin de Brettes. Études sur le mouvement et les propriétés mécaniques des projectiles oblongs ou aplatis projetés dans l'air sans rotation initiale autour de leur axe de figure. In-8, 51 p. (963).

Nouvelles expériences sur les cuirasses, en Angleterre. In-8, 27 p. (982).

RENUCCI. Exposé d'un système de navigation atmosphérique, au moyen du ballon à enveloppe métallique. In-8, 92 p. et 2 pl. (1480).

Résultats d'une recherche expérimentale sur la résistance comparative à la traction, et sur quelques autres propriétés de différentes espèces de fer forgé et d'acier. In-8, 27 p. (1006).

4° *Géologie, Minéralogie, Métallurgie.*

DELESSE. Carte géologique du département de la Seine. Cette carte fait connaître le sous-sol jusqu'aux plus grandes profondeurs qui aient été atteintes, et elle donne non-seulement la nature des terrains, mais encore leur relief. — 4 feuilles grand aigle imprimées en couleur.

— Carte agronomique des environs de Paris. — 2 feuilles grand aigle imprimées en couleur.

— De l'azote et des matières organiques dans l'écorce terrestre.

— *Les matériaux* de construction de l'Exposition universelle; Rapport fait au nom de la classe XIV du jury international.

DELESSE ET LAUGEL. Revue de géologie pour les années 1860-1861-1862-1863. — 3 vol. in-8°.

BEUDANT. Minéralogie et géologie. 11° édition. In-12, XII-644 p. (347).

BRAVAIS. Études cristallographiques. In-4, LXII-204 p. et 5 pl. (5563).

COTTEAU. Rapport sur les progrès de la géologie et de la paléontologie en France pendant l'année 1864. In-8, 59 p. (890).

GAUDRY. Animaux fossiles aux environs d'Athènes. Soirées scientifiques de la Sorbonne. Conférences du 22 décembre 1865, In-8, 24 p. (920).

— Considérations générales sur les animaux fossiles de Pikermi. In-8, 72 p. (6569).

LARTET. Note sur la formation du bassin de la mer Morte, ou lac asphaltite, et sur les changements survenus dans le niveau de ce lac. In-8, 44 p. et 1 pl. (7304).

LEYMERIE. Eléments de minéralogie et de géologie comprenant des notions de lithologie et un lexique, où se trouvent indiqués les caractères génériques des fossiles. 2° édition. In-12, XXXII-828 p. (7783).

MORIÈRE. Notes géologiques et minéralogiques recueillies en Nor-

mandie par M. Morière, professeur à la Faculté des sciences de Caen. In-8, 20 p. (1199).

Poulett-Scrope. Géologie et volcans éteints du centre de la France. Ouvrage accompagné de 2 cartes tirées en couleur, de pl. et de vues panoramiques, dont une coloriée. In-8, xxxii-261 p. (3017).

Salvetat. Mémoire sur une excursion dans le Limousin. In-8, 8 p. et 1 pl. (3040).

Selle (de). Cristallographie, par A. de Selle, professeur de minéralogie et de géologie à l'École impériale centrale des arts et manufactures. Petit in-4, 66 p. (1254).

Terquem. Cinquième mémoire sur les foraminifères du Lias des départements de la Moselle, de la Côte-d'Or et de l'Indre, avec un aperçu stratigraphique et pétrologique des environs de Nohant. In-8, 146 p. et 4 pl. (2191).

5° *Constructions. Chemins de fer.*

Annales des ponts et chaussées, mémoires et documents relatif à l'art des constructions et au service de l'ingénieur, 3e série, 1851 à 1860. Tables générales. In-8, 608 p. (6699).

Annuaire du bâtiment, des travaux publics et des arts industriels, à l'usage de MM. les architectes, ingénieurs, etc., 1866. In-8 à 2 colonnes, xvi-1112 p. (829).

Bouniceau. Études et notions sur les constructions à la mer; avec atlas de 50 pl. doubles. In-18 jésus, viii-425 p. (6942).

Laffitte. L'Architecture contemporaine. Des principes, des règles générales et de leurs applications. In-12, 148 p. (245).

Lapparent (de). Conservation des bois par la carbonisation de leurs faces, applications aux constructions navales et aux bâtiments civils, aux traverses de chemins de fer, etc. In-8, 32 p. (3192).

Paguelle. Notice sur les premiers essais de la navigation à vapeur. In-8, 16 p. (1452).

Villevert. Chemins de fer. Construction des travaux d'art, tunnels, maisons de garde, barrières, plates-formes, ballast et voies. Texte et dessins types, avec métrés estimatifs et notes explicatives. In-4, 28 p., 36 pl. et 36 tableaux de métrés (2204).

6° *Sujets divers.*

Annuaire officiel des chemins de fer, contenant un recueil spécial de législation et de jurisprudence. 16e année, 1866. In-12, 683 p. (2217).

Annuaire du ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, pour l'année 1866. Grand in-8, 400 p. (6917).

Alcan Lévy. Fabrication des étoffes. Traité du travail des laines. Notions historiques, progrès techniques, développement commercial, classification, caractères, propriétés, filature, apprêts des fils, tissage, dégraissage, feutrage et foulage, etc. 2 vol. In-8, 959 p. et un atlas in-4 (6909).

Barral. Le Bon fermier. Aide-mémoire du cultivateur. Ouvrage contenant la description des travaux de culture à exécuter chaque mois, l'indication des soins à donner au bétail, etc. 3ᵉ édit., 1866. In-18 jésus, XXIV-1495 p. (2852).

Baude. Note sur le réservoir de Ménilmontant, pour recevoir les eaux de la Dhuys et de la Marne. In-4, 6 p. et 1 grav. (6709).

Béchamp, Estor, Pécholier et Saintpierre. Revue scientifique hebdomadaire pour 1865. In-16, VII-370 p. (2718).

Becquerel. Mémoire sur l'ensemencement, la production, le prix et la consommation du froment en France, en rapport avec la population et les influences atmosphériques. In-4, 49 p. (1566).

Bergeret. Lettres à mon ami X. sur les eaux naturelles, iodo-bromo-phosphatées et arsenicales de Saxon-les-Bains, canton du Valais (Suisse). In-8, 129 p. et gravure (6931).

Berthoud. Les Petites chroniques de la science. 5ᵉ année. In-18 jésus, 488 p. (345).

Bertrand. Les fondateurs de l'astronomie moderne. Copernic, Tycho-Brahé, Képler, Galilée, Newton. 4ᵉ édition. In-18 jésus, XVI-392 p. (851).

B[illegible]s. Industrie des métaux précieux dans le département de la Seine. Réponse au questionnaire de la chambre syndicale de bijouterie, joaillerie et orfévrerie. In-8, 40 p. (5808).

Bordeaux. Conseils pour l'entretien, la décoration et l'ameublement des églises. In-8, IV-77 p. (3343).

Brongniart. Exposé des procédés de décortication perfectionnée de M. Poissant (d'Amiens). In-8, 47 p. (1321).

Céramique. Tarif de décoration précédé des dispositions générales passées en usage dans cette industrie. In-4 oblong, 76 p. (5828).

Chavannes de la Giraudière (de). Une ferme-modèle, ou l'agriculture mise à la portée de tout le monde. 3ᵉ édition. In-8, 384 p. (3364).

Cochin. La Manufacture de glace de Saint-Gobain, de 1864 à 1865. In-8, 194 p. (372).

Corinwender. Agriculture flamande. Recherches sur l'engrais flamand, son emploi dans la culture des terres. In-8, 36 p. (5589)

COSENTINO (DE). L'Algérie en 1865. Coup d'œil d'un colonisateur. 2ᵉ édit. In-8, XXXI-226 p. (5591).

CRISENOY (DE). La liberté de l'industrie maritime et la puissance navale de la France. In-8, 31 p. (5594).

DALLOZ. Jurisprudence générale. Répertoire méthodique et alphabétique de législation, de doctrine et de jurisprudence en matière de droit civil, commercial, criminel, administratif, de droit des gens et de droit public. Nouvelle édition. T. XXXIV, 1ʳᵉ partie. In-4 à 2 col., 756 p. (6751).

DELESSE. Procédé mécanique pour déterminer la composition des roches. 3ᵉ édit. In-8, 8 p. (6755).

DEMANGEAT. Projet pour améliorer la Loire. In-8, 15 p. (5854).

DÉNECHAUD. Compagnie des chemins de fer de la ligne d'Italie; causes et résultats de sa mise en faillite, son présent et son avenir. In-8, 29 p. (1586).

DUPIN. Discours sur la protection comparée de l'industrie et de l'agriculture. In-8, 40 p. (7715).

DUVERDY. Traité pratique et juridique de l'application des tarifs de chemin de fer. In-8, 461 p. (396).

ECK. L'Art et l'Industrie. Influence des expositions sur l'avenir industriel. Revue des Beaux-Arts appliqués à l'industrie. Exposition de 1865. Grand in-18, 431 p. (1600).

Enquête sur les engrais industriels. T. II. Rapport de la commission. Dépositions écrites. Pièces annexes, documents étrangers et documents supplémentaires. Ministère de l'agriculture et du commerce, etc. Commission des engrais. In-4, LXII-305 p. (2064).

Enquête sur la législation relative aux taux de l'intérêt de l'argent. Ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics. Commission d'enquête. T. Iᵉʳ. Dépositions orales. T. II. Dépositions écrites. In-4, XXXVIII-1479 p. (2909).

Enquête générale sur les incendies des forêts en Algérie 1863-1865, rapport de la commission instituée à Constantine, par arrêté de Son Excellence le maréchal de France gouverneur général de l'Algérie, en date du 30 décembre 1865. Avril 1866. In-4, IV-98 p. (5871).

Enquête sur les sociétés de coopération. Ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics. In-4ᵒ, XLIX-603 p. (5872).

Examen des résultats de l'exploitation de quelques chemins de fer étrangers en 1865 et de leur revenu probable en 1866. In-8, 16 p. (2066).

Exposition (l') universelle de 1867, guide de l'exposant et du visi-

teur; avec les documents officiels, un plan et une vue de l'exposition. Grand in-16, 197 p. (659).

FIGUIER. L'année scientifique et industrielle, ou exposé annuel des travaux scientifiques, des inventions, etc. 10e année. 1865. In-18 jésus, 548 p. et 1 gravure (3161).

— Tables décennales de l'année scientifique et industrielle 1856-1865. In-18 jésus, 204 p. (3400).

— L'année scientifique et industrielle, ou Exposé annuel des travaux scientifiques, des inventions, etc., accompagné d'une nécrologie scientifique et d'un index bibliographique des ouvrages de sciences parus dans le courant de l'année. 10e année. In-18 jésus, 548 p. et 1 gravure (406).

FRANÇA NETTO (DE). La question de la lumière sous-marine résolue au point de vue pratique, dans ses applications à la pêche, aux travaux hydrauliques et à l'exploration des profondeurs de la mer. Résultats d'expériences et travaux dans les mers du Nord. In-8, 32 p. (209).

FRÉDOL. Le monde de la mer. Illustré de 22 planches tirées en couleur, de 14 planches en noir tirées à part et de 320 vignettes intercalées dans le texte. 2e édition. Grand in-8, x-693 p. (210).

GALOPIN. Des voituriers par terre, par eau et par chemin de fer, ou traité théorique et pratique des transports. In-8, 432 p. (5630).

GAUSSIN et PLOIX. Annuaire des marées des côtes de France pour l'an 1867. In-18, VIII-300 p. (3407).

GAYOT. Guide pratique pour le bon aménagement des habitations des animaux. In-18 jésus, XXVII-355 p. (3168).

GOUMAIN-CORNILLE. La Savoie, le mont Cenis et l'Italie septentrionale, voyage descriptif, historique et scientifique, enrichi d'une note sur l'histoire naturelle de la Savoie, 3e édition. In-18 jésus, XX-422 p. (2932).

GRAVIUS. Les incendies des forêts en Algérie. Leurs causes vraies et leurs remèdes. Quelques considérations générales sur la colonie. In-8, 103 p. (691).

GUERMONPREZ. Les travaux publiées en 1865. In-8, VII-101 p. (930).

GUILLEMIN. Le ciel, notion d'astronomie à l'usage des gens du monde et de la jeunesse. Ouvrage illustré de 40 grandes planches, dont 12 tirées en couleur et de 192 vignettes insérées dans le texte. 3e édition. Grand in-8, XII-636 p. (230).

GUITANT (DE). Question agricole. L'agriculture en 1865. Le libre échange et l'échelle mobile. Lettre à M. Léonce de Lavergne, membre de l'Institut et de la Société impériale d'agriculture. In-8, 32 p. (2088).

LABARTE. Histoire des arts industriels au moyen âge et à l'époque de la renaissance. T. III. In-8, 722 p. (242).

— Histoire des arts industriels au moyen âge et à l'époque de la renaissance. T. I et II. In-8, 1141 p. (6794).

LA BLANCHÈRE (DE). Les ravageurs des forêts, étude sur les insectes destructeurs des arbres, à l'usage des propriétaires de parc et de bois, régisseurs, agents forestiers, etc. In-18, 185 p. (244).

LAVERGNE (DE). Économie rurale de la France depuis 1789. 3e édition. In-18 jésus, XII-483 p. (6129).

LE DUC. Du cubage tronconique. In-8, 6 p. (2777).

LE GRAS. Phares de la mer Méditerranée, de la mer Noire et de la mer d'Azof (Espagne, France, Italie, États de l'Église, Autriche, Grèce, Turquie, Russie). In-8, 105 p. (3195).

LE SAINT. L'Isthme de Suez. Essais de canalisation dans les temps anciens et au moyen âge. Projet de M. de Lesseps. Phases diverses de la question. Travaux accomplis de la Méditerranée à la mer Rouge, avec une carte d'après la triangulation opérée par M. Larousse, ingénieur hydrographe de la marine impériale. In-12, VII-279 p. (6616).

LONDET. Traité d'économie rurale. T. II. In-8, 407 p. (5679).

MARET-LERICHE. Les expositions d'art au dix-neuvième siècle. In-8, 73 p. (959).

MARRYAT. Histoire des poteries, faïences et porcelaines. 2 vol. in-8, XVI-927 p. (962).

MARTIN. Notions des anciens sur les marées et les Euripes. In-8, 110 p. (7064).

MEUNIER. Réponse à une note de M. Pasteur, lue à l'Académie des sciences, le 22 janvier 1866. In-8, 8 p. (2133).

MONNIER. Instructions sur l'agriculture. 8e édition. In-18, 166 p. (1198).

MORÈNES (de). L'aviation et le vol des oiseaux. In-4, 34 p. (6639).

Notice sur les travaux scientifiques de Son Altesse le prince Charles-Lucien Bonaparte. In-8, 22 p. (2136).

PARCHAPPE. Galilée, sa vie, ses découvertes et ses travaux. In-18 jésus, XV-404 p. (6646).

PARVILLE (DE). Causeries scientifiques, découvertes et inventions, progrès de la science et de l'industrie, 5e année 1865. In-18 jésus, 432 p. (990).

PEREIRE. Enquête sur la banque de France. Déposition de MM. Émile et Isaac Pereire devant le conseil supérieur du commerce, de l'agriculture et de 'industrie. In-8, XXXII-273 p. (3243).

PIEDEVACHE. La liberté du commerce et le prix des céréales. In-8, 18 p. (1464).

POUSSIN. Manuel classique d'archéologie chrétienne depuis Jésus-Christ jusqu'à nos jours, comprenant : 1° des notions sur l'architecture de chaque époque; 2° une étude rapide sur le mobilier des églises; 3° un appendice concernant la peinture sur verre; suivi d'un petit dictionnaire expliquant chaque expression technique employée dans le cours d'archéologie. Ouvrage orné de 120 gravures. 2° édition. In-8, 110 p. et pl. (2155).

POUYER-QUERTIER. Questions agricoles. Discours de M. Pouyer-Quertier, député au Corps législatif, dans les séances des 7, 10 et 14 mars 1866. In-8, 140 p. (3488).

Programme des conditions d'admission aux écoles impériales d'arts et métiers. In-12, 8 p. (3019).

— des conditions d'admission à l'École des ponts et chaussées. In-12, 8 p. (3020).

— de l'enseignement intérieur de l'École impériale polytechnique, arrêté par le conseil de perfectionnement et approuvé par le ministère de la guerre. In-4, 95 p. (5718).

— *des conditions* d'admission aux écoles ou facultés de droit. In-12, 8 p. (5719).

— des conditions d'admission aux écoles des mines. In-12, 12 p. (5720).

— des conditions d'admission aux écoles impériales d'agriculture. In-12, 12 p. (5721).

— des connaissances prescrites par le certificat d'examen de grammaire exigé des aspirants aux titres d'officiers de santé et de pharmacien de deuxième classe. In-12, 12 p. (5722).

— des conditions d'admission à l'École des ponts et chaussées. In-12, 8 p. (5723).

— des conditions d'admission à l'École impériale et spéciale des Beaux-Arts. In-12, 12 p. (5725).

— des conditions d'admission à l'administration des lignes télégraphiques. In-12, 8 p. (5726).

— des conditions d'admission à l'École impériale centrale des arts et manufactures. In-12, 28 p. (1234).

— des conditions d'admission à l'École impériale polytechnique. In-12, 48 p. (517).

QUÉNAULT. Invasions de la mer sur les côtes du Cotentin. In-8, 52 p. (1001).

REBOULLEAU (Manuels-Roret). Nouveau manuel complet de la peinture sur verre, sur porcelaine et sur émail, des émaillages in-

dustriels et de la fabrication des émaux et des couleurs vitrifiables, contenant l'art des vitraux de couleur anciens et modernes, la dorure, l'argenture et tous les lustres applicables sur porcelaine, la composition des verres, etc., ainsi que des notions très-détaillées sur toutes les matières chimiques qui se rapportent aux émaux et aux couleurs vitrifiables, pourpre de Cassius, etc. Nouvelle édition. Ouvrage accompagné de figures. In-8, 420 p. (6849).

Robinet. Essai sur l'affinité organique. In-8, 57 p. (3502).

Roche. Résumé des observations météorologiques, faites à la Faculté des sciences de Montpellier pendant l'année 1865. In-8, 8 p. (5734).

Rodet. De la trichine et de la trichinose. 2ᵉ édition, In-8, 51 p. et 1 pl. (3503).

Rouher. Question agricole; discours prononcé dans la séance du Corps législatif du 10 mars 1866. In-8, 51 p. (6433).

Roussel. Rapport sur l'exposition de 1865, présenté à la commission municipale des beaux-arts de la ville de Nîmes. In-8, 67 p. (1491).

Séguin. Mémoire sur l'aviation ou navigation aérienne. In-8, 23 p. (3044).

Serret. Mémoire sur la théorie des congruences, suivant un module premier et suivant une fonction modulaire irréductible. In-4, 74 p. (3277).

— Mémoire sur l'emploi de la méthode de la variation des arbitraires dans la théorie des mouvements de rotation. In-4, 34 p. (3278).

Tableau de la situation des établissements français dans l'Algérie. 1864. In-4, VII-265 p. (3522).

Thénard. Considérations sur la situation faite à l'agriculture en ces dernières années. In-8, 15 p. (3291).

Thorin. Répertoire bibliographique des ouvrages de législation, de droit et de jurisprudence en matière civile, administrative, commerciale et criminelle, publiés, spécialement en France, depuis 1789 jusqu'à la fin de novembre 1865; accompagné de quelques comptes rendus extraits de principaux recueils judiciaires, et suivi d'une table analytique et raisonnée des matières; mis en ordre par M. Ernest Thorin. Nouvelle édition. In-8, 332 p. (1271).

Vasse. Les instruments perfectionnés de l'agriculture. In-18, 32 p. (7145).

VILLE (Georges). La crise agricole devant la science, conférence faite à la Sorbonne le 17 mars 1866. In-8, 32 p. (3301).

— Conférences agricoles faites au champ d'expériences à Vincennes, dans la saison de 1864, 6e conférence. Grand in-8, 323-390 p. (6900).

VILLERME. L'agriculture française. L'année 1865. In-8, 30 p. (2441).

WISST. Aliénation des forêts de l'État. Encore un mot, puisqu'on y revient; à MM. les députés. In-8, 16 p. (3302).

ZEBROWSKI. Essai sur les principes fondamentaux de la Cosmologie avec figures dans le texte. In-8, 178 p. (2444).

HUGO (M. le comte L.). Théories des cristalloïdes. Paris, 1866.

LARTET (Louis). Poteries primitives, instruments en os et silex taillés des cavernes de la Vieille-Castille (Espagne).

MATHIEU (Émile). Mémoires sur la dispersion de la lumière.

GRELLOIS (Eugène). Note sur l'hypso-thermomètre.

SCOUTETTEN. De l'origine des actions électriques.

Annales des sciences physiques et naturelles, d'agriculture et d'industrie, publiées par la Société d'agriculture de Lyon, 3e série, t. IX.

DELESSE. Recherches sur le granite. (Extrait des mémoires publiés par l'Académie des sciences.) Paris, 1866.

— Recherches sur l'origine des roches; 2e édition. Paris, 1866.

OUVRAGES ANGLAIS.

RANKINE. *Shipbuilding...* Constructions navales; théorie et pratique.

ABBEY. *Diuturnity...* Comparaison de l'âge du monde, montrant que l'espèce humaine est encore dans l'enfance, et que la durée future du monde raisonnable et rationnel est immense.

AGASSIZ. *Geological Sketches...* Aperçus géologiques, avec figures dans le texte.

DOUGHTY. *On the Jöstedal Bræ Glaciers...* Sur les glaciers de Jöstedal Bræ en Norwége; avec quelques observations générales et une planche.

GREENWOOD. *Rain and Rivers...* La pluie et les rivières; ou Hutton et Playfair contre M. Lyell et autres savants.

HAUGHTON. *Manual...* Manuel de géologie, 2e édition.

LOOMIS. *Treatise...* Traité d'astronomie.

MACADAM. *Chemistry...* Chimie des choses usuelles.

Memoirs... Mémoires du Geological Survey de l'Inde.

Palaeontologica... Palaéontologie indienne.—Céphalopodes fossiles des roches crétacées du sud de l'Inde.

Beauties... Beautés et merveilles de la vie végétale, ou excursions dans les parcs, les forêts, les conservatoires, les vergers, les jardins, les champs cultivés et les landes. Avec de nombreuses figures.

DRAPER. *Text-Book...* Manuel de chimie à l'usage des écoles et des colléges.

HARTWIG. *Harmonies...* Harmonies de la nature, ou l'Unité de la création.

LARDNER. *Handbook...* Manuel de l'électricité, du magnétisme et de l'acoustique.

BLAND. *Hints experimentally...* Considérations expérimentales déduites de quelques principes sur la forme des vaisseaux et des bateaux. Avec de nombreuses illustrations.

DEMPSEY. *Rudimentary...* Traité élémentaire pour le drainage des villes et des constructions.

Engineer's Guide... Le Guide de l'ingénieur, à l'usage de la marine royale et de la marine commerciale; par un ingénieur praticien.

Hawaii, The past, present and future... Hawaii. Le passé, le présent et l'avenir de ce royaume. Récit historique sur les îles Sandwich ou la Polynésie; par M. Manley Hopkins, consul général.

WILLIAM ODLING. *Lectures on...* Leçons de chimie animale professées au collége des médecins à Londres.

BOOLE (George). *Treatise on...* Traité sur les équations différentielles; volume supplémentaire.

LAWRENCE. *Lithology...* Lithologie ou Classification des roches avec leurs noms dans les trois langues française, anglaise et allemande.

NEVILLE (J.). *Hydraulic tables...* Tables hydrauliques. 2e édition.

The Alpine Guipe... L'*Alpine-Guide*, pour la partie orientale des Alpes.

Watts's Dictionary... Publication du 4e volume du Dictionnaire de chimie et autres sciences alliées; par Henri Watts.

BRANDE. *Dictionary...* Dictionnaire des sciences, de la littérature et des arts.

CATTLIN. *Rural economy...* Économie rurale. Observations pratiques sur la position relative du propriétaire et du fermier.

CHRISTIE. *A Collection*... Collection de questions élémentaires de mathématiques pures et appliquées.

The quarterly... Journal trimestriel de la Société géologique de Londres.

An Essay... Essai sur la résolution des équations algébriques; par Ch. J. Hargreave. Dublin, 1866.

Second report... Second rapport sur la rivière Waimakariri et les plaines basses de Carterbury; par M. W. T. Doyne.

Reflexions... Reflexions sur les causes et les effets mécaniques dans les œuvres de la nature; par Girard.

An investigations... Recherches sur l'orbite de Neptune, avec des tables générales indiquant sa marche; par Newcomb. Washington, 1866.

Memoirs... Mémoires concernant le relevé géologique de l'Inde (*Geological Survey*).

Paléontologie indienne, figures et descriptions des restes organiques obtenus dans le cours des opérations. 3e partie, nos 6 à 9; 4e partie, no 1er. Calcutta, 1865.

Catalogue... Catologue des restes organiques appartenant aux échinodermes qui se trouvent au musée géologique de Calcutta. Calcutta, 1865.

Annual Report... Rapport annuel sur le relevé géologique de l'Inde et sur le musée géologique de Calcutta, 9e année, 1864-1865. Calcutta.

Catalogue of the natural... Catalogue de la librairie d'histoire naturelle de la Société linnéenne de Londres.

MOORE (George). *The first man*... Le premier homme et sa place dans la création.

KELLER (Ferdinand). *The Lake Dwellings*... Les habitations lacustres de la Suisse et des autres parties de l'Europe.

M'CULLOCH (J. R.). *A Dictionary*... Dictionnaire géographique, statistique et historique des divers pays et des principales villes du monde.

DUNKIN (E). *On some*... Sur quelques cas particuliers de l'équation personnelle dans les observations de la distance zénithale.

DUNKIN (E). *On the*... Sur l'erreur probable d'une observation dans les diverses méthodes employées.

OUVRAGES ALLEMANDS.

HARTWICH. *Erweiterungs Bauten*, etc. Travaux de prolongement des chemins de fer rhénans. In-folio. *Ernst* et *Korn*, à Berlin.

JACOBI. *Vorlesungen*... Leçons sur la dynamique, publiées d'après les papiers laissés par l'auteur.

Die Gesetze... Sur les lois de la vision... Supplément à l'optique physiologique du docteur Hermann Scheffler. Brunswich, 1866.

DEVILLEZ (A.). Éléments de mécanique considérée comme science naturelle, première partie. Leipzig, Brockhaus.

FRESENIUS. *Die Analysen der Driburger Hauptquelle*... Analyse de la source principale de Driburger, de celle de Hersten et des boues déposées par ces sources. Osnabrück, Rackhort.

Palaeontographica Beiträge zur Naturgeschichte... Recherches sur l'histoire naturelle du monde primitif, par Dunker et Meyer, Cassel.

WELTZIEN (C.). *Die Brunnenwasser der Stadt Carlsruhe*... Les eaux de source de la ville de Carlsruhe.

Zeichnungen aus dem Gebiete... Dessins relatifs à l'art de l'Ingénieur, 75 tableaux. Fol, Zurich.

Zeitschrift d. deutsch-österreichischen... Journal de la compagnie télégraphique autrichienne-allemande, par Brix, 13ᵉ année 1866; 12 livraisons. Berlin.

BLANCK (Otto). *Der Mineralreichthum der schwedischen Provinz*... Sur l'abondance des minéraux dans la province Norbottin en Suède et sur le gîte de minerai de fer de Gellivara. Stockholm.

KERL BRUNO. *Metallurgische Probirkunst*... Résumé sur l'essai des métaux à l'usage des étudiants et des cours publics, 8 tableaux. Leipzig.

WEISBACH (Albin). *Tabellen zur Bestimmung der*... Tableaux pour la détermination des minéraux d'après leurs caractères extérieurs. Leipzig.

Berggesetz, *das allgemeine*... Législation générale des mines pour la Prusse, en juin 1865. Berlin.

Annalen... Annales de chimie et de pharmacie, par Wöhler. Leipzig.

COTTA (Bernh. Von). *Die Geologie der Gegenwart*... La Géologie de l'époque actuelle. Leipzig.

FRISCHAUF (Jean). *Bahnbestimmung*... Indication de la marche de planètes. Vienne.

HAGEN (G.). *Die Preüssische Ostssee-Küste*... La côte Est de la mer en Prusse, question relative au flux et reflux. Berlin.

HAUER (Fr.). *Die Cephalopoden der unteren Trias*... Les céphalopodes du trias inférieur des Alpes. Wien.

HAUER (Fr.). *Choristoceras. Eine neue Cephalopodensippe*... Description d'un nouveau Céphalopode des couches de Koessen.

Iahrbuch der Kaiserl-konigl, geologischen... Annuaire de l'Institut impérial, royal, géologique, année 1866. Vienne.

KNER (R.). *Die Fische der bituminosen Schiefer von Reibl in Karnthen*... Les poissons des schistes bitumeux de Reibl en Carinthie?

MARTIUS (C. F. Ph.). *Flora Brasiliensis sive, enumeratio plantarum in Brasilia hactenus detectarum*... La Flore du Brésil ou énumération des plantes qu'on y a découvertes jusqu'à présent. Fasc. XLI, gr. fol. Leipzig.

PFEIFFER (Louis). *Novitates conchologicæ. Abbildung und Beschreibüng*. Nouveautés conchiologiques... Dessins et description de mollusques nouveaux.

STEIN (C. A.). *Das Vorkommen*... Sur la présence de la chaux phosphatée dans les environs de Lahn et de Dill. Wiesbaden.

Verhandlungen... Mémoire de la Société d'histoire naturelle de Brünn, t. III, 1864.

Acta... Actes de l'académie des curieux de la nature, t. XXXII, Dresde, 1865.

GOEPPERT. *Ueber*... Sur l'*aphyllostachys*, nouvelle espèce de plante fossile, et étude de la flore fossile au point de vue de la théorie de Darwin. Dresde, 1864.

Beiträge... Matériaux pour servir à la connaissance des cycadées fossiles, par M. Gœppert.

Ueber... Sur la flore tertiaire de Java, par M. Gœppert.

Beiträge... Matériaux pour servir à la connaissance de la flore du succin, par M. Gœppert.

Die... Notice sur les phénomènes volcaniques de Santorin, par M. Ch. F. de Hauer.

BRUHNS (le Dr C.). *Resultate*... Résultats des observations météorologiques prises en plusieurs points du royaume de Saxe, de 1848 à 1863, et dans les vingt-deux stations royales de Saxe en 1864.

Mittheilungen... Mémoires de la Société des sciences naturelles de Styrie, 1863-1864-1865.

Untersuchungen... Recherches sur l'histoire naturelle de l'homme et des animaux, par M. Moleschott, t. X, 1er cahier. Giessen.

SCHMARDA (L.). *Die maritime*... Les produits maritimes des côtes de l'empire d'Autriche; 2e et 3e partie. Vienne.

Erster... Premier bulletin annuel de l'Association des sciences naturelles de Brême, 1866.

OUVRAGES ITALIENS.

Atti... Actes de la Société académique des sciences naturelles de Milan, t. IX, 1[er] fascicule. Milan, 1866.

Intorno... Essai historique sur la première découverte des propriétés qui appartiennent à l'aimant; par M. Volpicelli. Rome, 1866.

Di una... D'une propriété particulière du cercle méridien; par M. D. Ragona. Modène, 1866.

Il nuovo Cimento. Le nouveau ciment; Journal de physique, de chimie et d'histoire naturelle. Turin et Pise.

Gialdi. *Sul moto*... Sur le mouvement ondulatoire de la mer et sur les courants. Rome, 1866.

P. Secchi. *Sulla struttura*... Sur la structure des taches solaires. Rome.

OUVRAGES ESPAGNOLS.

Libros... Livres écrits sur l'astronomie par le roi don Alphonse X de Castille, réunis, annotés et commentés par don Rico y Sinobas.

ANNALES
DES MINES.

PRÉPARATION MÉCANIQUE

DU MINERAI DE PLOMB

AUX MINES DE LISBURNE, CARDIGANSHIRE,

PAYS DE GALLES (*).

Par M. L. MOISSENET, ingénieur des mines.

INTRODUCTION.

La galène est exploitée en Angleterre dans deux gisements bien distincts : le calcaire carbonifère d'une part, de l'autre les schistes anciens des formations silurienne et dévonienne.

Pendant la période décennale 1848-1859, le Royaume-Uni a produit :

Minerais de plomb : 923.145 tons (de 21 cwts = 1.066 kilos).
Plomb métallique : 652.726 tons.

Sur ces chiffres, plus de la moitié provient des mines ouvertes dans le calcaire carbonifère, tant au nord de l'Angleterre, que dans les comtés nord-est du pays de Galles.

(*) D'après l'autorisation de Son Excellence M. le Ministre des travaux publics, j'ai fait à l'École des mines, en 1864 et en 1865, des leçons sur les procédés suivis en Angleterre pour la préparation mécanique des minerais : le présent mémoire est le développement du sujet traité aux leçons de 1865.

Cette source abondante en plomb est pauvre en argent, car la teneur moyenne des différents districts varie de 20 à 38 grammes d'argent aux 100 kilos de plomb d'œuvre.

Les schistes anciens, au contraire, contiennent les deux variétés : galène pauvre et galène argentifère. Ainsi dans le Cardiganshire, la teneur moyenne atteint 45 grammes; dans l'île de Man, 60 grammes; dans le Cornwall, 105 grammes; enfin, 120 grammes dans le Devonshire.

Quelques mines donnent des lots de minerais de plomb très-riches en argent, mais c'est un fait purement accidentel; en sorte que, pour le précieux métal, on ne saurait mettre en parallèle aucun gisement actuellement exploité en Angleterre avec les mines françaises, qui soutiennent une production régulière de plomb à 350, 500 gramm. et au delà.

Une étude sommaire de la préparation des minerais de plomb anglais devrait comprendre trois exemples, choisis de manière à faire ressortir les modifications qui résultent, en dehors des usages locaux, d'une part, de la nature du gîte; de l'autre, de la teneur en argent.

On aurait ainsi à examiner le traitement de :

La galène pauvre dans le calcaire carbonifère du nord de l'Angleterre;

La galène pauvre dans les schistes siluriens du pays de Galles;

La galène argentifère dans les schistes dévoniens du Cornwall et du Devonshire.

C'est seulement le second type que je me propose d'étudier dans le présent travail, en décrivant les *ateliers des mines de Lisburne* (Cardiganshire).

Quelques indications ont déjà été fournies sur la préparation mécanique du plomb dans le pays de Galles : M. le professeur Warington Smyth (*) a donné celle de la mine

(*) *On the Mining District of Cardiganshire and Montgomeryshire.* Memoirs of the geological Survey, vol. II, part. II, pages 655 à 684.

de Geginan, où la teneur moyenne en argent s'élève à 90 grammes; MM. Phillips et Darlington ont décrit sommairement la méthode et les appareils en usage dans le Cardiganshire (*).

Sous la désignation de *Lisburne Mines* on comprend plusieurs exploitations, dont les principales sont : *Frongoch*, *East Logylas* et *Glogfach*. Ces mines alimentent deux ateliers de préparation.

L'atelier de Frongoch est réservé à la mine de ce nom; celui de Level Fawr, situé au débouché de la grande galerie d'écoulement et de roulage de Logylas, reçoit aussi les minerais de Glogfach. Malgré de nombreux points communs, ces deux ateliers présentent des différences bien tranchées, qui répondent d'ailleurs à la diversité des minerais et des conditions du travail.

A *Level Fawr*, la gangue est le schiste et la chaux carbonatée; la teneur en galène du minerai sortant s'élève à 20 ou 22 p. 100; la mine occupe de nombreux tributors, ce qui force à préparer isolément les lots extraits; enfin le sol de l'atelier est accidenté et offre de la tête à la queue une grande différence de niveau.

A *Frongoch*, la gangue est le quartz; la teneur en galène atteint à peine 6 p. 100; on n'a pas de tributors; l'atelier se développe sans contournements sur une pente modérée; enfin et surtout, le minerai est notablement *blendeux*.

La méthode de Level Fawr peut être considérée comme un type pour le Cardiganshire; elle est appliquée à l'importante mine de Cwm-Ystwith (**); elle a été suivie à Frongoch; mais l'introduction récente d'un appareil très-ingénieux, le *Lisburne buddle*, vient d'apporter à Frongoch une modification notable dans la marche des opérations.

(*) *Records of Mining and Metallurgy*. 1857.

(**) Cwm-Ystwith située à l'est de Logylas, appartient à une compagnie distincte des *Lisburne mines* mais est placée sous la même direction.

Non-seulement le Lisburne buddle facilite la séparation si délicate de la blende d'avec la galène, mais il simplifie singulièrement le travail d'enrichissement des deux minerais. Son rôle ne peut être bien compris qu'en plaçant en regard les deux formules de traitement, savoir : celle conservée à Level Fawr et celle judicieusement modifiée à Frongoch. Aussi, tout en cherchant à éviter les répétitions, je crois utile de décrire parallèlement les deux ateliers.

Ce mémoire comporte les divisions suivantes :

J'exprime ici mes remerciements aux habiles directeurs des mines de Lisburne, MM. Taylor et à leurs agents, notamment à M. le captain Vigus, chef de la préparation mécanique.

CHAPITRE I.

DESCRIPTION DES LOCALITÉS. GISEMENTS.

Aperçu topographique. — Le port d'Aberystwith sert à l'expédition des minerais et reçoit les approvisionnements d'une grande partie des mines avoisinantes. La situation d'Aberystwith au milieu de la baie de Cardigan, ses abords pittoresques en ont fait le but favori des excursions des touristes de l'ouest et le séjour des baigneurs qui recherchent un certain isolement.

La ville s'élève près du confluent des rivières Rheidol et Ystwith; la première vient de l'est, la seconde du sud-est. Les mines argentifères de Goginan, Darren et autres, se rencontrent au nord, c'est-à-dire sur la rive droite de la Rheidol, à 10 miles environ de son embouchure; celles qui nous intéressent sont voisines de l'Ystwith.

Du port à Logylas on compte 14 miles; la route suit d'abord les contre-forts qui séparent les deux vallées, puis vient côtoyer l'Ystwith et passe sur la rive gauche à Pont-Llanafon; de là un chemin de service, long de 3 miles, conduit à l'atelier de Level Fawr, établi sur le flanc de la montagne, et limité par l'escarpement de la rive. Glogfach est située à 1 mile au sud-est de Logylas et dans une région élevée; Frongoch, à 2 miles au nord-ouest du même point (à 14 miles d'Aberystwith par le chemin direct); enfin, à 4 miles à l'est, on rencontre Cwm-Ystwith, sur la droite et au bord même de la rivière.

Dans cette région, les schistes siluriens sont coupés par de profondes vallées; quelques-unes sont presque rectilignes sur une longueur de plusieurs miles, et présentent une largeur notable; le fond est occupé par des cours d'eau, sinueux en temps ordinaire, larges lors des crues; sur les flancs on rencontre des débris de terrasses avec galets de schiste, témoins d'un niveau autrefois supérieur.

D'autres vallées sont escarpées, étroites et généralement tortueuses; elles débouchent dans les précédentes et interrompent leurs alignements.

Terrains encaissants. — Le schiste est le plus souvent feuilleté, passant à l'ardoise; sa couleur est d'un gris bleuâtre plus ou moins foncé; sur un certain nombre de points, la schistosité est moindre, et la roche plus compacte peut être exploitée pour pierre de taille. Même, dans ce cas, les blocs extraits sont rendus irréguliers par de nombreux joints qui se croisent obliquement (*).

D'Aberystwith à Logylas la direction assez constante de la stratification est sud-ouest, nord-est magnétique, c'est-à-dire sensiblement celle du système du Longmynd; aux

(*) Je citerai comme exemples deux carrières, l'une près de la mine de Glogfach, l'autre au bord de l'Ystwith à 1/2 mile à l'est de pont Llanafon.

environs de la ville, les couches plongent au sud-est, mais après plusieurs plissements, on les voit s'incliner nettement vers le nord-ouest dans le district des mines. Ici le schiste est plus compacte; sa couleur est d'un gris bleu assez clair.

Directions. — La plupart des filons plombeux du Cardiganshire ont leur direction comprise entre l'est-ouest et le nord-est sud-ouest; mais sous ce rapport, comme sous beaucoup d'autres, ces gîtes présentent de nombreuses variations.

On pourra en juger sans sortir de l'espace restreint qui nous occupe. Voici quelques directions moyennes relevées sur un plan à petite échelle, et assez grossièrement approchées : outre les filons métalliques, elles comprennent de puissants filons quartzeux connus aux affleurement.

En allant du sud-sud-est au nord-nord-ouest, on rencontre successivement :

DÉSIGNATION DES FILONS.	DIRECTION rapportée au Nord vrai.	PLONGEMENT.	
		Sens.	Base par toise de haut.
	Degrés.		pieds. pouc.
Filons plombeux d'Esgair-y-Mwyn.	E. 44 N.	Nord.	2 6
— — de Glogfach.	E. 23 N.	Nord.	1 6
— — d'East Logylas.	E. 31 N.	Sud.	2 6
— — d'Old-Logylas.	E. 40 N.	Sud.	»
Filon de quartz.	E. 46 N.	Sud.	3
Filon plombeux de Grogwynion.	E. 10 N.	»	»
Son prolongement sur Pont-rhyd-y-groes. .	E. 5 N.	»	»
Filon de quartz.	E. 40 N.	»	»
— de quartz.	E. 36 N.	»	»
— plombeux de Frongoch.	E. 12 N. E. 9 N.	Sud.	2 6

Les systèmes de soulèvements anciens sont, comme on le sait, fortement imprimés dans le relief du pays de

Galles; presque partout il est facile d'y reconnaître l'influence caractéristique de plusieurs d'entre eux.

Si l'on considère sur la carte du *Geological Survey* l'espace triangulaire ayant pour sommets Aberystwith au nord, Llanrhystyd au sud, et Logylas à l'est, on peut remarquer que, malgré de nombreuses protubérances, le sol est loin d'y être aussi accidenté que dans les régions avoisinantes. Parallèlement à la côte, sur une largeur de 2 miles, les collines sont orientées suivant le Longmynd; d'Aberystwith à Logylas la direction moyenne de la rivière Ystwith est celle du Morbihan, interrompu près de Llanllar par le Longmynd, puis près de Tanrallt, par le Westmoreland. Enfin, le côté sud du triangle est tracé presqu'en ligne droite, d'abord par la rivière Cwm-wyras, sur 8 miles de longueur, entre Llanrhystyd et Pen-y-Carran, vers le pied nord de la chaîne du Mynydd Bach; puis, après avoir franchi un col, par le cours de l'Ystwith de Pont Llanafon à Logylas. Le prolongement sinueux du même alignement va jusqu'aux mines de Cwm-Ystwith; la ligne ainsi jalonnée n'a pas moins de 17 miles de longueur; elle se dirige suivant le système du Land's End.

Au sud, à l'est et au nord de Logylas, les directions le plus fortement accusées sont celles du Longmynd, du Morbihan et du Westmoreland. Ce dernier système paraît souvent dévié par l'influence antérieure du Finistère, et probablement aussi du Longmynd.

Il y a tout lieu de présumer que le remplissage des filons par la galène pauvre remonte ici comme dans le Flintshire, à l'époque du système des Ballons, c'est-à-dire a été postérieur au dépôt du calcaire carbonifère.

La direction propre au système des Ballons se rencontre d'autant plus rarement dans les fissures, que le terrain avait été plus nettement fracturé par les soulèvements antérieurs. Même en ne considérant qu'une seule époque d'arrivée de la galène pauvre dans le Cardiganshire, il est aisé de com-

prendre combien les allures des gîtes doivent être variables. En effet, la direction assez constante de la stratification (Longmynd) forme des angles très-différents avec les systèmes anciens, tels que le Finistère, le Westmoreland et le Land's End; ultérieurement, lors des réouvertures produites sous l'influence des Ballons, de nouvelles différences angulaires ont été mises en jeu; enfin, dans chaque localité, la nature du schiste a été plus ou moins favorable à la formation des fentes.

Dans les mines ci-dessus dénommées, nous trouvons comme orientations dominantes : le Westmoreland à Esgair-y-mwyn; le Westmoreland modifié à divers degrés par le Finistère à Glogfach et à Logylas; enfin le Land's End, et même les Ballons, à Frongoch et à Grogwgnion.

Gisements. — Le filon d'Esgair-y-mwyn est un véritable champ de fracture, dirigé dans son ensemble E. 44° N., atteignant 30 pieds de largeur; la masse du filon n'est qu'un schiste désordonné, sillonné de veinules transversales, dont quelques-unes contiennent de la galène presque dépourvue de gangue. On y trouve du gossan jusqu'à une profondeur considérable.

A Logylas et à Glogfach, les filons sont peu puissants, mais déjà mieux réglés; cependant les *branches* sont plus riches que le filon principal (*main lode*), et c'est surtout aux points où il rencontre les branches que le main lode devient productif.

Dans les anciens travaux à ciel ouvert pratiqués sur l'affleurement de Logylas, les tranchées encore béantes et faites évidemment sur les parties riches, sont orientées E. 18° N. magnétique. Dans la mine, les parties profitables m'ont donné E. 15° N.; tandis qu'on avait suivi dans la direction E. 10° N. le filon entièrement stérile, et même à peine discernable.

A Glogfach, E. 18° N. est aussi la direction utile :

c'est précisément celle du système de Westmoreland (*).

La roche encaissante de dureté moyenne est à Logylas, comme presque partout, favorable à la richesse du gîte.

Le filon est principalement composé de schiste tourmenté, et dont les fragments semblent orientés; ce schiste de filon est généralement endurci et quartzeux; par places seulement, il est imprégné de minerai et de gangues sous forme de veinules. D'où il résulte que l'on peut extraire du minerai d'une teneur moyenne déjà élevée, mais pas de massif.

Accompagnant le filon se trouvent des sortes de salbandes d'un schiste très-quartzeux (*capel*), qui contient quelquefois de la galène très-disséminée.

Sous le rapport des minéraux Logylas et Glogfach présentent aussi de grandes analogies. On y rencontre la galène clivable, de la blende brune, de la chaux carbonatée, quelquefois cristallisée et hyaline, mais généralement clivable, opaque, et d'un blanc un peu rosé; cette gangue, en quantité modérée, est considérée comme un bon indice. Le quartz y est cristallisé, mais peu abondant; la pyrite de fer est rare.

A Logylas, la galène est à 3 onces d'argent par tonne de minerai lavé; à Glogfach, la teneur atteint 6 onces et demie [en 1860] (**).

(*) La déclinaison aux mines de Lisburne en 1860 était évaluée à 22° 1/2; les directions magnétiques E. 18° N. et E. 15° N, rapportées au nord vrai deviennent E. 40° 1/2 N. et E. 37 1/2 N.: or le système du Westmoreland représenté par le grand cercle du réseau pentagonal correspondant est orienté :

A Holywell, Flintshire E. 38° 16′ N.: Au point a^{IV} Cornwall E. 40° 24′ N.

(**) Depuis 1860, la teneur en argent paraît s'être notablement accrue à Glogfach; la statistique de M. Robert Hunt pour 1862 indique une production de :

Minerai : 775 tonnes contenant. . . .	Plomb.	612 tonnes.
	Argent.	9.800 onces.

Soit environ 12,65 onces d'argent par tonne de minerai marchand.

La mine de Frongoch est ouverte dans un puissant filon de quartz, contenant galène et blende. L'exploitation s'est étendue sur une longueur de 1.200 mètres; la puissance du gîte varie entre 10 et 30 pieds. On a rencontré des colonnes métallifères profitables sur 30 et même 50 toises en allongement; ces colonnes plongent à l'ouest, comme le font les schistes encaissants.

L'orientation du grand filon quartzeux est de 8° à 12° au nord de l'est vrai, c'est-à-dire correspond à celle du Land's End; cependant la galène s'est aussi rencontrée dans des *branches* qui se détachent du *main lode* dans une direction variant entre 2° 1/2 et 7° 1/2 au nord de l'ouest (Ballons). Ce cas s'est présenté notamment au niveau de 56 toises, à l'est du puits Taylor.

Le schiste favorable est d'un gris clair, et sillonné de veinules de quartz.

Comme matière de filon, outre le quartz, toujours prédominant et parfois bien cristallisé, on observe aussi du schiste quartzeux ou *capel* imparfait.

La galène présente deux variétés : l'une clivable et lamelleuse, l'autre à grain fin, dite *steel lead*, qui est la moins abondante. Dans chacune d'elles la teneur en argent est de 3 onces à la tonne.

La blende est brune; elle se trouve, selon les chantiers, plus ou moins mélangée à la galène; le plus souvent les deux espèces forment ce que l'on pourrait appeler une association à grandes parties; sur quelques points elles sont en veinules et grosses mouches dans le quartz; cependant le mélange n'est pas complétement intime.

Dans le minerai extrait, le rapport de la blende à la galène est d'environ un huitième.

A l'est de la mine, des recherches pratiquées à l'affleurement ont donné une grande quantité de blende mêlée d'oxyde de fer, sorte de gossan blendeux. Au niveau de 24 toises, le remplissage a brusquement changé, et la blende

a fait place à de la galène. Cependant on a observé qu'en profondeur, la blende, sans être abondante, est répartie sur de plus grandes longueurs dans les galeries, tandis que les colonnes de galène paraissent se rétrécir.

Principales circonstances de l'exploitation. — A ces indications sur le gisement, je joindrai quelques renseignements sur l'état des travaux exécutés dans les mines de Lisburne et sur les ressources dont on dispose pour leur exploitation.

La mine de Logylas a certainement dû sa prospérité contemporaine à la grande galerie d'écoulement et de roulage (*adit*) qui, après un allongement de 364 toises (= 666 mètres), est venue recouper le filon à 60 toises (= 110 mètres) de profondeur. On y compte neuf niveaux, savoir ceux de 20, 30, 44, 60 ou adit, 70, 90, 105, 120 enfin 130 toises. Le dernier est à 238 mètres du jour et à 128 mètres seulement en contre-bas de la galerie d'écoulement. En 1860, les percements les plus actifs étaient poussés aux niveaux 105 et 120.

La mine de Glogfach bien plus récente, mais rapidement ouverte, ne possède encore que quatre niveaux : ceux de 48, 58 73 et 88 toises.

A Frongoch, les travaux très-étendus dans le sens horizontal, n'ont pas atteint une grande profondeur ; deux puits sont en fonçage au-dessous de la galerie de 78 toises (143 mètres) ; l'adit n'assèche que 24 toises ; on compte, en outre, les niveaux de 34, 44, 56, 66 et 78 toises.

Dans ces diverses exploitations les percements, tant dans les filons que dans les roches encaissantes, consomment peu de boisage ; partout le terrain est solide, cependant la dureté est moindre à Glogfach qu'à Frongoch : c'est ce qui ressort des chiffres suivants :

MINES.	PRIX MOYEN PAYÉ EN 1859 par mètre courant.	
	Galerie dans le filon.	Galerie à travers bancs.
	fr.	fr.
Glogfach.	45,15	65,20
Logylas.	70,00	72,60
Frongoch.	87,30	75,50

Quant à la résistance de la roche on pourra la comparer avec celle d'autres mines en rapprochant du prix par mètre les salaire et frais moyens du mineur indiqués ci-après.

L'eau n'est pas abondante dans les travaux ; en revanche on a su s'en procurer à la surface en quantité suffisante pour la préparation des minerais et l'on a créé de nombreuses chutes, utilisées par des roues à augets. La force motrice est entièrement hydraulique, condition presque vitale dans une localité où la houille revient à 25 sh. = 31f,25 la tonne (*).

Un long canal de dérivation aboutit au-dessus des affleurements de Logylas et dessert deux roues, l'une de 36 pieds de diamètre et 4 pieds entre les couronnes pour l'épuisement, l'autre de 40 pieds sur 4 pour l'extraction. Ces appareils n'ont du reste à fonctionner que pour élever l'eau et les minerais jusqu'à l'adit. Au sortir de ces roues, l'eau motrice descend torrentueusement le coteau et arrive à 100 mètres plus bas sur l'atelier de Level Fawr.

A Frongoch, on a dû parer aux sécheresses en recourant à de vastes réservoirs ; la principale roue sert à l'épuisement ; elle n'a pas moins de 55 pieds sur 4 pieds 6 pouces, soit 16m,76 sur 1m,37 ; sa force est estimée 60 chevaux.

Personnel. — Les agents ou *captains* sont recrutés dans

(*) On consomme par an 100 à 120 tonnes de houille importées de Ruabon.

le Cornwall : c'est assez dire que l'organisation du travail est calquée sur celle de ce comté. Les ouvriers mineurs sont au contraire gens du pays; ils habitent dans les hameaux du voisinage, dans le village de Pont-rhyd-y-groes attenant à Level Fawr, enfin près de Frongoch dans une ligne de maisons construite en terrasse.

Si le mineur gallois n'atteint pas généralement l'habileté et l'énergie de quelques ouvriers d'élite du Cornwall, il passe pour rangé, laborieux et se contente d'un salaire modéré.

On distingue dans les travaux souterrains les tutworkmen travaillant à la tâche et les tributors payés à tant de livres sterling par tonne de minerai marchand.

Frongoch est exploitée en tutwork; l'introduction du tribute à Logylas ne remonte qu'à 1858; elle a eu d'importantes conséquences sur lesquelles j'aurai soin d'insister; Glogfach admet aussi quelques tributors.

En 1859, les travaux souterrains des mines de Lisburne ont occupé 324 ouvriers dont le gain total s'est élevé à 298.328 francs et représente 53f,92 p. 100 des frais totaux de l'exploitation.

Les deux groupes d'ouvriers sont ainsi répartis :

	Nombre de mineurs.	Salaire en 1859.
Tutwork	222	203.682 fr.
Tribute	102	94.646
Totaux	324	298.328 fr.

D'après les registres, voici quelles ont été les moyennes mensuelles du gain de l'ouvrier et des frais (*cost*) de matériel comptés à sa charge par l'administration.

	Moyenne par mois et par homme.	
	Gain.	Frais.
Ouvrier en tutwork	65fr.34	19fr.64
Ouvrier en tribute	79fr.22	29fr.25

L'écart entre le gain du tutworkman et celui du tributor

n'a rien que de normal, puisque le tributor doit développer plus d'initiative et d'intelligence ; en ce qui concerne les frais quelques explications sont nécessaires.

Les frais ou cost sont supérieurs à la dépense réelle ; en effet, la compagnie fournit aux ouvriers, la poudre, les étoupilles, la chandelle, les outils, etc., d'après un tarif connu d'eux, mais fictif quant à la vraie valeur de ces matériaux et assez élevé pour intéresser fortement l'ouvrier à l'économie. Le tributor supporte, en outre, à Logylas, la dépense de roulage du chantier à l'atelier et les frais de préparation mécanique qui sont fixés à 15 sh. = 18f,75 par tonne de minerai marchand porté à son crédit.

Les ateliers de Frongoch et de Level Fawr occupent chacun de 70 à 80 personnes ; on y compte peu d'hommes, un certain nombre de gamins et de petites filles et une forte proportion de grandes filles. Les hommes sont payés au mois et selon leur force, comme manœuvres de surface ; les gamins et les filles à la journée.

Le prix de la journée varie de 4 à 11 pence et ressort en moyenne à 7 pence. Si l'on admet 26 jours de travail effectif par mois, ces prix répondent comme limites à 10f,83 et 29f,80 et comme salaire moyen sur l'atelier à 18f,96.

En 1859, les frais de main-d'œuvre sur les deux ateliers ont été de 41,748 francs ; soit environ 7,55 p. 100 du total des dépenses de l'exploitation. On a reçu environ 26.550 tonnes (de 1.000 kilos) de minerai sortant et livré à la vente, 2.454 tonnes de galène et 112 tonnes de blende.

Ces chiffres suffisent pour caractériser l'importance de la préparation mécanique sur les mines de Lisburne.

Quant à l'ensemble de l'exploitation, on a pu juger que la compagnie avait en mains d'excellents instruments de travail : force motrice hydraulique, bon personnel se contentant d'une rétribution modérée ; en revanche le proprié-

taire du sol lui impose une lourde charge; car la redevance (*royalty*) s'élève à *un dixième* de la valeur marchande du minerai sur le carreau de la mine.

CHAPITRE II.

MÉTHODES DE PRÉPARATION. FORMULES DE TRAITEMENT.

I. *Atelier de Level Fawr.*

Ce deuxième chapitre sera encore purement descriptif. Nous étudierons successivement les ateliers de Level Fawr et de Frongoch et pour chacun d'eux nous donnerons :

Un *aperçu* très-sommaire sur la marche *des opérations* et le rôle *des appareils* ;

Une *description de l'atelier* sous forme de légende explicative des croquis, fig. 1 et fig. 2, Pl. 1.;

L'*exposé détaillé des opérations* ;

Des *tableaux* présentant le résumé des *formules de traitement.*

Aperçu des opérations. — A Level Fawr, les circonstances favorables au travail sont la teneur déjà élevée du minerai sortant (20 à 22 p. 100), des matières médiocrement boueuses (*), une eau abondante, une pente considérable et bien aménagée. On peut y joindre la proximité de la rivière Ystwith, qui reçoit et entraîne le stérile.

Comme difficultés spéciales, on rencontre la dissémination de la galène dans sa gangue, la nécessité de préparer pour la vente à une teneur aussi élevée que possible, enfin

(*) Le schiste assez dur des filons de Logylas donne peu de boues; le schiste quartzeux et le quartz de Frongoch en produisent encore moins. Sous ce rapport le minerai sortant de Logylas est analogue à celui de Wheal Trelawney, mine de plomb argentifère du Cornwall; comme types opposés je puis citer Cargoll, distinct de Newlyn dans le même comté, mine très-humide dans un schiste argileux, et en France les parties tendres des filons de Pontpéan près Rennes.

l'introduction du système des mineurs tributors, ce qui oblige à préparer séparément les lots envoyés par chacun de leurs chantiers.

L'atelier est divisé par la route d'Aberystwith en deux parties inégales : celle du haut, où se trouvent les cylindres broyeurs et les cribles, livre à elle seule près de 87 p. 100 du minerai marchand; celle du bas ne reçoit que des matières fines et traite notamment les produits bocardés; tout le minerai lavé qui en provient est acquis à la compagnie sans redevance aux tributors de la mine. Un troisième atelier, dit des *halvans* ou résidus, traite les dernières boues du précédent. La préparation y est faite par une brigade de tributors spéciaux, recevant un prix fixe de 3 liv. st. 15 sh. = 93^{f},75 par tonne de minerai enrichi à environ 55 p. 100 de plomb.

Le croquis ne s'étend pas jusqu'à cet atelier, situé à l'ouest entre la route et la rivière; d'ailleurs sa part de production n'atteint pas 1 p. 100 de minerai vendu.

L'ensemble du travail comporte trois divisions :

1° Opérations avant broyage comprenant : le débourbage du minerai sortant, un classement de grosseur qui sépare le *menu de mine* d'avec les blocs et les fragments, puis le cassage et triage des blocs et le triage à la main des fragments, d'où résultent du stérile et du minerai bon à broyer, enfin la préparation du menu de mine.

2° Traitement des matières broyées : l'atelier possède deux paires de cylindres; les grands cylindres passent le minerai du triage et broyent assez gros; les petits cylindres broyent plus fin et reçoivent les produits secondaires de la préparation soit du menu, soit du minerai broyé gros, soit enfin de matières soumises au broyage fin.

3° Traitement des matières bocardées et des boues de tout l'atelier : le bocard est alimenté avec les produits secondaires fins et pauvres du travail du menu et des matières broyées; il donne des sables et des boues; les sables

bocardés sont lavés séparément, tandis que les boues s'écoulent aux bassins de dépôt avec toutes celles venues d'en haut; les slimes retirées des bassins sont enrichies dans l'atelier d'en bas.

Indications sur les appareils. — Les appareils de débourbage, classement de grosseur et triage sont ingénieusement disposés : on a ménagé la pente de manière que le minerai, déchargé du wagon dans une trémie ou couloir (*slide*) en maçonnerie, se distribue aux points voulus sans aucun remaniement. Vers le fond incliné de la trémie et près de sa face verticale est une grille en fonte (*grate*) dont les barreaux sont espacés de 7''/8 = $0^m,022$; à leur entrée sur la grille les matières reçoivent un fort arrosage et leur descente est réglée par un gamin armé d'un crochet; les gros et moyens fragments glissent à la surface, tandis que les petits fragments et le menu plus ou moins boueux tombent dans une rigole où l'eau les charrie jusqu'à un trommel (*griddle*) ; la toile en fil de fer à mailles carrées de 7''/8 de côté sépare les petits fragments d'avec le menu qui, entraîné par le courant d'eau, va s'arrêter à une boîte de dépôt (*catch pit*).

Les gros et moyens fragments ont glissé de la grille sur une table de triage rectangulaire et fixe; les blocs sont portés au cassage, le moyen est trié sur place. Les petits fragments qui ont franchi le trommel suivant l'axe tombent sur une table de triage circulaire recevant à la main un mouvement lent de rotation; les petites trieuses debout tout autour enlèvent chacune une seule qualité, en commençant par le plus riche et finissant par le stérile.

Le cassage des blocs donne des produits identiques à ceux des triages : on a obtenu de ces trois sources :

Minerai de première qualité Minerai de seconde qualité	à broyer séparément aux grands cylindres.
Stérile.	à rejeter.

Les cylindres-broyeurs (*crushers*) n'ont généralement en Angleterre qu'un trommel avec toile en fil de fer d'un seul numéro, choisi selon la dimension maxima du grain que l'on veut produire; tout ce qui franchit le trommel est remonté aux cylindres par une roue élévatrice. La majeure partie des matières broyées est beaucoup plus finement écrasée que ne l'indiquerait l'ouverture des mailles, et l'ensemble constitue un mélange fort mal classé de grosseur.

Les grands cylindres broient toujours à sec ; les petits reçoivent les produits fins incessamment arrosés par un filet d'eau.

A Level Fawr, comme dans plusieurs ateliers du Cornwall, le minerai broyé tombe au-dessous du trommel dans une huche en planches ; un courant d'eau l'entraîne de la huche dans une rigole qui aboutit à une série de canaux et boîtes de dépôt installés au dehors de la maison de broyage. Dans ces appareils s'opère sans dépense un classement de richesse et même de grosseur. Ils comprennent ici un premier canal (appelé improprement *tye*), une boîte (*box*) enfin un bassin (*pit*). La tête du canal est riche et, sauf quelques gros grains, assez fine ; la queue plus pauvre retient de la galène fine et des grenailles de gangue ; la boîte arrête les gros sables et le pit les sables fins ; quant aux boues elles s'écoulent à l'atelier d'en bas.

Le trommel des grands cylindres est à mailles rectangulaires de la dimension dite 3 trous et 4 trous par pouce (*).

(*) Les toiles métalliques sont fabriquées en Angleterre d'après deux modes de calibrage. Si l'intervalle libre entre deux fils est une fraction exacte du pouce, on dit que la toile est faite au demi, au quart etc., de pouce (*half inch, quarter inch, etc., griddle*); plus généralement l'épaisseur du fil doit être déduite de l'énoncé : ainsi une toile dénommée 3 trous, 4 trous, etc., par pouce (*Three holes, four holes, etc., griddle*) comprendra sur l'intervalle linéaire du

On n'en emploie pas d'autre pour le broyage du minerai trié de la première qualité ; pour la seconde, au contraire, on place en outre un petit trommel à 6 trous sur le parcours des matières broyées entraînées par l'eau ; les grenailles vont alors tomber dans une caisse spéciale, tandis que les produits fins, qui ont traversé les mailles, s'écoulent dans les appareils de dépôt énumérés ci-dessus.

Les petits cylindres travaillent ici sans aucun trommel, ni roue élévatrice ; selon la marche on obtient des matières qui correspondraient à des toiles variant entre 6 et 12 trous.

L'usage des cylindres est jugé si avantageux que l'on se propose d'en établir une troisième paire pour l'atelier d'en bas et d'en substituer le travail à celui du bocard. Cette troisième paire existe à Frongoch.

Les cribles de Level Fawr sont conduits par une roue hydraulique et du genre dit *machine jiggers* ; le fond du crible est une feuille de cuivre perforée : on se sert de trois numéros, répondant à 3, 5 et 6 trous par pouce.

Les cribles à 3 trous ne reçoivent que le menu de mine ; ceux à 5 trous sont essentiellement alimentés par des matières provenant du broyage aux grands cylindres, et ceux à 6 trous par les produits des petits cylindres ; d'ailleurs les criblages gros donnent des produits secondaires dont l'élaboration exige l'emploi des cribles de calibre inférieur.

Ici, comme sur la plupart des ateliers d'Angleterre, les matières livrées aux cribles sont très-mal classées de grosseur ; en sorte qu'au *point de vue technique*, l'opération du criblage est des plus défectueuse ; sans en développer la critique, il est nécessaire d'en indiquer les résultats.

On obtient dans la cuve, sous le crible, un dépôt abon-

---

pouce, 3, 4 trous, plus 3, 4,... épaisseurs de fil. Ici la toile de 3 et 4 trous représente $3 \times 4 = 12$ ouvertures rectangulaires dans le quarré d'un pouce ($= 0^m,025$) de côté, épaisseur des fils comprise. Cette observation s'applique aux cribles comme aux trommels.

dant, contenant souvent la majeure partie du minerai utile, et dont la teneur moyenne est déjà bien supérieure à celle des matières admises; on a pu écumer les gangues fines et pauvres et enlever par couches dans le crible les grenailles de diverses richesses. Le dépôt de la cuve s'est formé de grains assez denses pour traverser les couches de grenailles et assez fins pour passer par les trous du crible : on a exécuté de la sorte un *tamisage enrichisseur*.

Le criblage mécanique donne une forte proportion de stérile, des écumes pour bocard et d'autres pour petits cylindres; les produits riches, sauf quelques fonds de cribles à 6 trous, ne sont pas encore bons pour la vente. Pour terminer l'enrichissement des fonds de cribles mécaniques, on emploie à Level Fawr des cribles à main (*hand jiggers*) ou tamis en fil de fer à mailles de 7 trous par pouce.

Quant aux dépôts de cuves, ce sont des matières mal classées de grosseur et généralement un peu bourbeuses; elles doivent passer aux appareils à courant d'eau.

Le caisson débourbeur (*shaking trunk*) est identique, aux dimensions près, à la shaking tye des ateliers à étain du Cornwall. Il comprend trois parties : en tête, un plan incliné avec rebords : au milieu, une boîte d'où l'on retire incessamment les gros sables : en queue une caisse allongée pour le dépôt des sables fins. Le travail exige deux hommes, l'un charge à la pelle sur le plan et y remonte les matières sous l'action d'un fort courant d'eau, l'autre enlève les gros sables de la boîte. Le produit obtenu en tête est déjà très-enrichi et ne contient que des grains des minéraux denses; dans le cas où l'on passe des sables pauvres avec galène très-fine, rien ne reste sur le plan incliné, en sorte que cette première qualité fait défaut, et l'appareil n'agit plus que comme débourbeur.

La *tye* ou caisson anglais, répandu sur tous les ateliers, est un canal à fond incliné recevant en tête une nappe

d'eau dans laquelle les sables sont incessamment versés à la pelle jusqu'à ce que l'appareil soit rempli ou le tas épuisé. Le caisson est essentiellement enrichisseur ; au besoin on peut y terminer le lavage. Son rôle principal est ici de traiter les sables retirés de la boîte du shaking trunk ou des canaux du broyage : les têtes de tye sont alors achevées au welsh buddle.

Le *welsh buddle* ou *flat buddle* (caisse galloise ou caisse plate) est un plan incliné plus large que long ; l'eau se déverse par un canal au milieu de la tête du plan : le minerai est mis en tas de la forme d'un demi-tronc de cône ; devant la petite nappe dont l'ouvrier dirige l'écoulement en creusant dans le tas, à l'aide d'un râble, un sillon ou rigole incessamment déplacée ; dans ces conditions le minerai se trouve successivement et par parties soumis au courant d'eau et lui abandonne ses dernières impuretés. Les queues du plan incliné sont recueillies dans une caisse inférieure ; c'est là qu'on retrouve la blende lorsqu'il y en avait dans le lot en traitement.

Le welsh buddle est l'appareil finisseur d'où l'on retire la majeure partie du minerai marchand ; on y termine tous les sables ou grenailles riches : têtes des canaux du broyage, têtes de shaking trunk, têtes de tye, cuves des cribles à 6 et à 7 trous.

Les sables fins recueillis, tant à la caisse du shaking trunk que dans le bassin qui suit les canaux du broyage, sont traités au *round buddle*, ou, dans le cas de lots d'une faible importance, au *square buddle*. Les queues de ces appareils sont rejetées comme stériles et les têtes riches sont achevées à la cuve, *tozing kieve*.

Quant à l'atelier d'en bas on y emploie les bocards (*stamps*) avec canaux de dépôt (*stripes*), les tyes, les bassins pour le dépôt des boues (*slime pits*), les round et square buddles et la kieve. Tous ces appareils ont été décrits dans

un mémoire antérieur (*), et je reviendrai ci-après sur les détails de construction dignes d'intérêt.

Description de l'atelier de Level Fawr (croquis, *fig.* 1, pl. I). — De la tête à la queue de l'atelier la dénivellation totale est de 18 à 19 mètres, fractionnée en six niveaux principaux :

1° La voie d'arrivée $\alpha\,\alpha'\,\alpha''$ fait suite à la grande galerie de roulage qui débouche au pied des rochers, à côté des magasins et forge ;

2° A $2^{m},75$ en contre-bas sont les tables de triage fixes et le hangar pour le cassage des blocs et le dépôt des minerais prêts pour le broyage ;

3° Au-dessous à $1^{m},22$ commence le grand plan légèrement incliné qui forme le reste de l'atelier d'en haut et s'étend jusqu'à l'escarpement taillé pour la route d'Aberystwith et évidé pour l'emplacement du bocard ;

4° Celui-ci est installé à un niveau inférieur d'environ 11 mètres au précédent; les canaux du bocard passent sous la route et vont la côtoyer en formant la tête de l'atelier d'en bas ;

5° et 6°. Enfin les round et square buddles sont établis sur deux derniers gradins ayant chacun $1^{m},80$ et destinés à faciliter le chargement.

Voici l'énumération des appareils :

AA Trémies de déchargement : les constructions ont été faites pour cinq trémies, lorsqu'en 1858 l'introduction du tribute faisait prévoir la nécessité de maintenir séparés les produits des divers chantiers; deux seulement ont été outillées et suffisent au travail.

BB Grilles à barreaux écartés de $7''/8$: lavage et premier classement de grosseur.

(*) Préparation mécanique du minerai d'étain dans le Cornwall, *Annales des mines*, 5e série, tome XIV, page 77.

GC Tables de triage recevant les blocs et les moyens fragments : des civières à bras reçoivent les blocs qui sont portés au cassage, les minerais de première et deuxième qualité déposés au hangar et le stérile qui est jeté à la caisse β et de là conduit aux remblais.

C_1C_1 Hangar pour le cassage et le dépôt des minerais prêts pour le broyage.

DD Trommel en fil de fer, à mailles quarrées de 7''/8, recevant les matières qui ont passé entre les barreaux de la grille B.

D_1D_1 Table circulaire de triage ; les petits fragments sont principalement composés de roche schisteuse aplatie ayant moins de 7''/8 d'épaisseur : à Level Fawr le mouvement de rotation est imprimé par la main des trieuses ; à Frongoch le mécanisme moteur a été conservé.

D_2D_2 Catch pit : caisse où s'arrête le menu de mine qui a traversé les mailles du trommel.

EE Quatre cribles à 3 trous pour le traitement du menu.

JJ Quatre cribles à 5 trous.

LL Quatre cribles à 6 trous.

F Caisson débourbeur ou shaking trunk.

H Caisson enrichisseur ou tye.

$GGGG_1$ Quatre Welsh buddles, caisses galloises finisseuses. Les trois grands buddles G sont rangés en pente douce dans un même hangar ; G_1 est un petit modèle réservé au cas où l'on doit terminer un faible tas de minerai.

I Round buddle établi dans l'atelier d'en bas, mais consacré au travail des sables fins de l'atelier supérieur, et retirés de la caisse du shaking trunk ou des pits des canaux du broyage. Une conduite en planche qui passe au-dessus du bocard et de la route permet d'alimenter ce round buddle sans transport spécial ; les produits riches ne sont pas regardés comme slimes, ils rentrent dans le minerai marchand des tributors.

I_1 Buddle quarré remplaçant le round buddle I pour le travail des petites quantités.

MM_1 Cuves à palettes mobiles, *tozing kieves* pour terminer les têtes riches des buddles I et I_1.

GC Grands cylindres broyeurs.

SC Petits cylindres broyeurs.

N et N_1 Canaux boîtes et bassins pour le dépôt des minerais broyés et entraînés par l'eau.

P Bocard de 12 flèches, en quatre boîtes à trois pilons chacune : en face du bocard à droite de la roue motrice on se propose d'installer la troisième paire de cylindres.

QQ Canaux pour le dépôt des sables bocardés.

RR Bassins arrêtant les sables fins du bocardage.

SS Tyes pour le lavage des sables des canaux Q.

$T\alpha, T6, T_1$ à T_4. Slime pits, bassins pour le dépôt des sables très-fins et des boues. Les deux pits $T\alpha$ et $T6$ en tête retiennent les sables très-fins des eaux boueuses de l'atelier d'en haut; les boues qui leur échappent vont par une rigole générale, avec celles des bassins R et des tyes S, aux grands pits principaux T_1 à T_4. Les dernières eaux du bassin T_4 servent à mouvoir une roue hydraulique conductrice des round buddles et s'écoulent ensuite avec les boues de ceux-ci à l'atelier des tributors.

$U_1U_2U_3$ Round buddles pour le traitement des boues.

V Deux buddles quarrés traitant les têtes riches des round buddles.

X Cuves à palettes où l'on termine les têtes de round et de square buddles.

Y Grand canal à gradins. On y jette les dernières queues pauvres des tyes S : c'est l'issue des sables stériles du bocardage.

Les constructions figurées dans le croquis sont :

a Bureau pour le service des mines de Logylas et de Glogfach et de l'atelier de Level Fawr.

b Forge ; *c*, dépôt des fers et du matériel ; *d* atelier de réparation, soufflerie hydraulique.

e Magasin des bois.

f Magasin du minerai marchand, où se font la pesée des lots, la mise en sacs de la galène, et le chargement des voitures pour Aberystwith.

f_1 et f_2 A l'atelier d'en bas, sont de simples planchers à rebords pour le dépôt provisoire du minerai lavé extrait des cuves.

Outre la voie de roulage $\alpha\alpha'\alpha''$ pour l'arrivée et le déchargement du minerai sortant, l'atelier possède les voies $6\,6'\,6''\,6'''$ et $\gamma\gamma'$ pour le transport du stérile. De 6 à $6'$ les wagons circulent dans une petite tranchée, ce qui facilite leur char-

gement ; en β'' ils sont versés aux remblais et ceux-ci sont de temps à autre conduits à l'Ystwith par le railway $\gamma\gamma'$.

Les minerais de première et deuxième qualités sont montés au premier étage de la maison des broyeurs à l'aide de brouettes, sur un plan légèrement incliné, formant pont au-dessus de la voie $\beta\beta'$.

J'ai représenté en lignes ponctuées les principales conduites d'eau ; les unes sont souterraines, les autres superficielles ou même suspendues sur chevalets : le tracé comprend les eaux motrices et les eaux de lavage : quelques lacunes ont été laissées dans le but d'éviter la confusion des lignes.

On dispose à Level Fawr d'un très-grand volume d'eau et d'une chute utile d'environ 22 mètres; la roideur du coteau en tête et l'escarpement de la rive gauche de l'Ystwith permettraient, s'il en était besoin, d'accroître encore beaucoup la chute.

Sur l'atelier proprement dit, on compte six roues hydrauliques, toutes à augets (*overshot wheels*) ; le tableau suivant indique leurs dimensions et leur destination :

Distribution de la force motrice hydraulique à Level Fawr.

ROUES A AUGETS.		
Dimensions.		Destination.
Diamètre. Pieds. Mètres.	Largeur. Pieds. Mètres.	
9 = 2,743	1 = 0,305	Trommels et au besoin tables circulaires de triage.
30 = 9,144	3 = 0,914	Deux paires de cylindres broyeurs.
12 = 3,657	3 = 0,914	Douze cribles mécaniques.
26 = 7,924	4 = 1,219	Bocard à douze flèches.
6 = 1,829	» »	Round buddle I.
9 = 2,743	» »	Trois round buddles U et les délayeurs des deux buddles quarrés V.

Exposé détaillé des opérations. — La méthode de préparation comporte les trois grandes divisions déjà indiquées, et celles-ci peuvent être utilement subdivisées. Nous étudierons la marche du travail d'après l'ordre suivant :

§ 1. Opérations avant broyage.	I. Débourbage, classement de grosseur, triage à la main, cassage et triage. II. Préparation du menu de mine.
§ 2. Traitement des matières broyées.	I. Minerai de première qualité broyé aux grands cylindres. II. Minerai de seconde qualité broyé aux grands cylindres. III. Écumes des cribles, broyées aux petits cylindres.
§ 3. Traitement des matières bocardées et des boues de tout l'atelier.	I. Écumes pauvres des cribles, passées au bocard. II. Boues provenant de tout l'atelier.

§ 1. OPÉRATIONS AVANT BROYAGE.

I. *Débourbage, classement de grosseur, triage à la main, cassage et triage.*

J'ai décrit plus haut la disposition des appareils de réception et la répartition du minerai, mais il est nécessaire d'insister sur les caractères principaux de ces opérations initiales, dont l'influence sur le reste du traitement est décisive.

Le débourbage, eu égard à la nature du minerai, est plutôt un lavage destiné à faciliter le travail des trieuses, en nettoyant la surface des fragments : l'eau employée sert ensuite de moteur pour entraîner le fin, qui a traversé la grille, et au delà le menu qu'a séparé le trommel.

Les gros blocs sont cassés, mais seulement à la masse ; en sorte que ni les produits de ce cassage gros, ni les moyens et petits fragments obtenus par les deux triages ne subissent le cassage au marteau.

Ce cassage fin et triage (*cobbing*) fait complétement défaut à Level Fawr et à Frongoch ; presque partout cette lacune serait une faute grave : ici elle est motivée par la nature des minerais. En général, le cobbing a pour but im-

portant de retirer dès lors, et sans crainte de pertes, le plus possible de minerai marchand; d'écarter comme stérile tout ce qui ne payerait pas les frais des opérations ultérieures et deviendrait, en y entrant, une cause de perte sensible du minéral utile; enfin, de séparer le minerai en qualités, d'après la teneur et d'après la nature des gangues associées.

Ici le cobbing donnerait bien quelques fragments riches, mais on n'obtiendrait pas une proportion notable de minerai massif aux teneurs de 70 à 80 p. 100 de plomb, exigées pour la vente; d'autre part, la dissémination de la galène en mouches et petites veinules ne permettrait pas d'écarter sensiblement de roche pratiquement stérile; enfin, la séparation des gangues différentes, schiste et quartz, ne serait pas plus utile que facile à réaliser.

Dans ces circonstances, si l'on observe que la valeur marchande de la galène non argentifère est peu élevée, on pourra admettre que le cobbing ne serait guère efficace.

Les triages ne donnent aujourd'hui que des quantités insignifiantes de massif bon pour la vente; en revanche, ils écartent une forte proportion de stérile. Voici le résumé de ces opérations :

Le minerai sortant, déchargé à la trémie A, glisse à la grille de lavage inclinée B :

B_1 Fragments, ayant plus de 0m,022; ils arrivent sur la table de triage C.

B_2 Partie fine, entraînée par l'eau au trommel D.

A la table C on fait :

C_1 Blocs portés au cassage à la masse.

C_2 Moyens fragments triés sur place et donnant des minerais de première et de seconde qualité bons à broyer séparément aux grands cylindres, et du stérile.

(*) Une réserve doit être faite pour le mélange de blende et galène à Frongoch. Nous verrons plus loin comment on y a pourvu.

Au trommel D on obtient :

D_1 Fragments ayant une dimension supérieure à $0^m,022$; ils tombent sur la table circulaire de triage D_1.
D_2 Menu de mine entraîné par l'eau et arrêté au catch pit.

Les produits du cassage C_1 et du triage fin D_1 sont semblables comme qualité à ceux du triage C_2 et sont mêlés avec eux.

II. *Préparation du menu de mine* D_2.

Le traitement du menu de mine comprend une série complète d'opérations ; cependant il est basé sur des principes assez simples, dont nous retrouverons du reste l'application en étudiant le travail des minerais broyés ; les détails donnés à cette place nous permettront d'être plus bref ultérieurement.

Les appareils employés sont : les cribles des quatre numéros, le shaking trunk, la tye, le welsh buddle ; puis, pour les sables, le round ou le square buddle et la kieve.

Le *stérile* n'est fait qu'aux cribles à 3 et à 5 trous (premières écumes), et au round buddle (dernières queues).

Le *minerai marchand* s'obtient principalement au welsh buddle. Les autres sources sont : les fonds des cribles à main à 7 trous et de quelques opérations sur les cribles à 6 trous ; puis, pour les schlichs fins, les fonds de kieves.

Si le criblage ne fournit que peu de minerai marchand, il n'en constitue pas moins la partie la plus active, en quelque sorte le cadre du travail. Nous suivrons d'abord la marche des matières dans les cribles et les deux appareils connexes, shaking trunk et tye, et nous examinerons plus tard l'enrichissement définitif des grenailles et grains par le welsh buddle, et le lavage des sables au round buddle et à la kieve.

La première opération subie par le menu de mine est le criblage à 3 trous.

On y fait :

Crible à 3 trous E.

1° Top skimmings.	Premières écumes.
2° Second skimmings.	Deuxièmes écumes.
3° Bottom skimmings.	Écumes de fond.
4° Bottom.	Fond de crible.
5° Hutch work.	Cuve du crible.

Les premières écumes contiennent quelques fragments avec mouches de galène; on trie rapidement ceux qui sont jugés utiles, la masse des matières est rejetée.

Les secondes écumes ne sont faites que si le minerai le comporte, c'est-à-dire s'il y a une proportion notable de roche pauvre avec mouches très-disséminées. Elles sont conduites au bocard.

Les écumes de fond vont aux petits cylindres broyeurs.

Le fond de crible, quoique plus riche, ne contient pas sensiblement de grenailles pures qu'il soit utile d'en extraire par un triage ou un lavage; c'est pourquoi on l'envoie aussi, mais séparément, aux petits cylindres broyeurs.

Enfin, la cuve du crible renferme une grande partie du minerai utile; dans le menu comme dans tout minerai cassé ou broyé, la galène offre généralement de moindres dimensions que la gangue dure; aussi, tandis que la masse des fragments a moins de 7''/8 (côté de la maille du trommel classeur), les grains de galène pure contenus sont-ils pour la plupart moindres que les trous du crible E : on les trouve dans la cuve et non pas sur le crible.

Les quatre premières divisions faites à ce criblage ayant pour destinations le stérile, le bocard et les cylindres, nous n'avons à suivre ici que la cinquième.

Le *dépôt de cuve* E_1 est bourbeux et contient une forte proportion de matière stérile : on le passe au shaking trunk, qui donne trois divisions :

Shaking trunk F.

1° Tête, sur le plan incliné, va au welsh buddle ;
2° Boîte ;
3° Caisse, sables fins vont au square ou au round buddle.

D'après l'effet de l'appareil, la tête ne retient que les grenailles denses, et la caisse allongée ne reçoit que des sables fins. La boîte, seule partie qui nous intéresse en ce moment, contient les gros grains de gangue, les grains galène et gangue adhérentes, les petits grains de galène et une certaine proportion de sables provenant de ce que le débourbage, quoique très-énergique, ne peut pas être complet en une seule opération.

On pourrait passer directement au crible à 5 trous les matières retirées de la boîte F_2, mais on préfère par un lavage préliminaire à la tye en extraire de la galène de richesse analogue à celle de F_1, de grain inférieur, et prête aussi pour le welsh buddle.

La tye traitant la boîte F_2 donne :

Tye H.

1° Tête, va au welsh buddle.
2° Queue.

La queue du dépôt, mal classée de grosseur, va au crible à 5 trous.

Le travail à 5 trous présente une grande analogie avec celui du menu de mine, à la grosseur près des matières traitées.

Les queues de tye H_2 y donnent :

Crible à 5 trous. J.

1° Premières écumes.	stérile rejeté
2° Deuxièmes écumes.	vont au bocard.
3° Écumes de fond.	vont aux petits cylindres.
4° Fond de crible.	va au crible à main à 7 trous.
5° Cuve du crible.	va au shaking trunk.

Voici la seule différence caractéristique : le fond de crible contient déjà une assez grande quantité de fines grenailles de galène séparée de toute gangue, et dont l'enrichissement peut être utilement exécuté sur le crible à main.

Ce fond de crible J_4 est tout d'abord passé à sec au tamis à 3 trous dans le but de séparer quelques fragments supérieurs à cette dimension et provenant de la chute directe de menu de mine dans la cuve du crible à trois trous lors du chargement de celui-ci. Ces fragments restent sur le tamis et sont envoyés aux petits cylindres; la masse du fond de crible J_4 traverse les mailles et va au criblage à 7 trous, ci-après détaillé.

La cuve J_5 subit un traitement identique à celle E_8 du crible à 3 trous : elle passe au shaking trunk $F\alpha$ dont la tête $F\alpha_1$ est prête pour le welsh buddle; la caisse $F\alpha_3$ passe au round buddle et la boîte $F\alpha_2$ à la tye. La tye $H\alpha$ donne une tête $H\alpha_1$ pour le welsh buddle et une queue $H\alpha_2$ pour le criblage mécanique à 6 trous.

Le travail de $H\alpha_2$ au crible à 6 trous produit quatre divisions :

Crible à 6 trous. L.

1° Premières écumes.	vont au bocard.
2° Écumes de fond.	vont aux petits cylindres.
3° Fond de crible.	va au crible à main à 7 trous.
4° Cuve du crible.	va au welsh buddle.

Dans cette opération on ne fait déjà plus de stérile ; les matières ici les plus pauvres ont déjà pu antérieurement traverser les couches déposées sur les cribles E et J et arriver aux cuves, en sorte que ces grains L_1 contiennent, pour la plupart, des mouches de galène adhérente ; le bocardage leur est appliqué.

Le fond de crible L_3, grenailles déjà riches, est achevé sur le crible à main ; le dépôt de cuve L_4 est fin et n'a plus besoin d'être débourbé, puisque les matières admises à L

ont passé deux fois au shaking trunk et à la tye ; aussi la teneur de ce dépôt permet-elle de l'envoyer directement au welsh buddle.

Dans le tableau suivant, j'ai rapproché les résultats des criblages à 3, 5, 6 et 7 trous.

Traitement du menu de mine. — Travail des cribles.

	CRIBLES. Matières admises.	A 3 TROUS E. Menu de mine D_2.	A 5 TROUS J. Queues de tye H_2.	A 6 TROUS L. Queues de tye $H\alpha_2$.	A 7 TROUS K. Fonds J_4 et L_3.
Divisions effectuées. Leur destination.	1° Écumes.	1° Stérile.	1° Stérile.	»	»
	2° Écumes.	2° Bocard.	2° Bocard.	1° Bocard.	1° Petits cylindres.
	3° Écumes.	3° Petits cylindres.	3° Petits cylindres.	2° Petits cylindres.	2° Crible à 6 trous.
	4° Fond.	4° Petits cylindres.	4° Crible à 7 trous.	3° Crible à 7 trous.	3° MINERAI LAVÉ.
	—	—	—	—	—
	5° Cuve.	5° Shaking trunk.	5° Shaking trunk.	4° Welsh buddle.	4° Welsh buddle.

Le *crible à main à 7 trous* ne traite que des produits riches L_3 et J_4, en sorte que les premières écumes ne constituent jamais qu'une couche mince ; ces matières riches elles-mêmes sont broyées à part. Les secondes écumes K_2 passent au crible à 6 trous, on y fait :

Crible à six trous. La.

1° Écumes riches. . . . . . . vont aux petits cylindres avec K_1.
2° Fond de crible. . . . . . . MINERAI LAVÉ.
3° Cuve du crible. . . . . . . va au welsh buddle.

Les cuves des cribles à 7 trous comme toutes celles des cribles à 6 trous sont prêtes pour le welsh buddle.

Enfin, le fond K_3 qui représente la majeure partie de la matière traitée, est bon pour la vente.

La série des criblages ne donne du minerai marchand qu'après huit opérations successives, savoir : passage aux

cribles des quatre numéros et dans l'intervalle deux débourbages au shaking trunk et deux lavages à la tye.

Examinons maintenant le *travail finisseur du welsh buddle*, d'où sort la majeure proportion du minerai marchand.

Le welsh buddle traite séparément des lots d'origine et par suite de grains différents. On y passe :

Les têtes du shaking trunk;
Les têtes de la tye;
Les cuves des cribles à 6 et à 7 trous.

Sur le plan incliné du welsh buddle reste le tas de minerai lavé; dans la caisse inférieure descendent les produits secondaires généralement assez riches mais de qualité et de grain essentiellement variables; ces matières sont blendeuses, s'il y a de la blende dans le minerai sortant. Les opérations qu'elles subissent dépendent de leur état; quelques exemples suffiront pour fixer les idées.

Traitement de la caisse inférieure G_2, provenant du lavage au welsh buddle, de la tête F_1 du shaking trunk, alimenté par le dépôt de cuve E_2 du crible à trois trous.

La tête F_1 contient les plus grosses grenailles qu'il y ait lieu de passer au welsh buddle; elle est imparfaitement débourbée et retient encore une notable proportion de gangue : c'est pourquoi le dépôt G_2 doit tout d'abord être livré au shaking trunk; on y fait :

Shaking trunk Fβ.

1° Tête. . . . . va à la tye.
2° Boîte. . . . . va au crible à 6 trous.
3° Caisse. . . . . va au round buddle.

La tête $F\beta_1$ donne à la tye :

Tye Hβ.

1° Tête. . . . . va au welsh buddle.
2° Queue. . . . . va au crible à 5 trous.

Traitement de la caisse inférieure $G\alpha_2$ provenant du lavage au welsh buddle, de la tête $F\alpha_1$ du shaking trunk, alimenté par le dépôt de cuve J_2 du crible à 5 trous.

Les matières mieux débourbées et d'un grain plus fin que dans le cas précédent sont envoyées directement et en totalité au crible à 6 trous L et y donnent lieu aux quatre divisions ci-dessus indiquées pour le travail des queues de tye $H\alpha_2$.

Les têtes de tye que l'on admet au welsh buddle sont respectivement plus propres et plus fines que les têtes du débourbage correspondant ; le dépôt recueilli dans la caisse inférieure peut donc être tout de suite criblé sur un numéro convenable.

Enfin, le lavage des cuves à 6 trous donne dans la caisse du welsh buddle, selon les cas, un dépôt un peu bourbeux qui subit alors l'action du shaking trunk, ou bien des matières bonnes pour criblage immédiat ; quant au produit similaire dérivant du crible à main à 7 trous il n'est jamais qu'en petite proportion et peut être terminé sur la tye.

Il nous reste à indiquer la préparation des sables recueillis dans la caisse allongée ou pit du shaking trunk. On y emploie comme dégrossisseur le round buddle (ou le square buddle pour de petits lots) et comme finisseur la kieve ; voici le tableau des opérations :

Round buddle I recevant les sables.	1° Tête repasse séparément au *round buddle*...... 2° Milieu repasse. 3° Queue repasse.	1° Tête va à la *kieve*. . . . 2° Milieu repasse. 3° Queue repasse.	1° Écumes vont au *round buddle*. 2° Écumes repassent à la *kieve*. 3° Fond, MINERAI LAVÉ.

Les queues pauvres I_2 sont de nouveau traitées au round buddle et les queues obtenues soit à ce second, soit à un troisième lavage sont rejetées comme stériles.

§ 2. TRAITEMENT DES MATIÈRES BROYÉES.

I. Minerai de première qualité, broyé aux grands cylindres.

Le traitement des minerais broyés offre un grand nombre de points communs avec celui du menu de mine.

Les produits des broyages sont repris aux canaux et caisses de dépôt et soumis aux mêmes appareils que le menu; les cribles à 3 trous sont les seuls qui ne soient pas utilisés.

Le *stérile* ne provient que des premières écumes du criblage à 5 trous et des dernières queues du round buddle.

Le *minerai marchand* se forme aux mêmes points : la masse vient du welsh buddle et le reste des fonds de cribles à main à 7 trous, de quelques fonds de cribles à 6 trous et, pour les sables, des fonds de kieve.

Le minerai de première qualité (*best*) des trois triages est broyé aux grands cylindres et y traverse le trommel à mailles de 3 trous sur 4; un courant d'eau incessant l'entraîne dans une rigole inclinée et l'amène aux appareils de dépôt : ceux-ci comprennent deux canaux accolés aboutissant à une boîte, au delà de laquelle se déversent les sables fins dans un dernier pit ou caisse allongée; les eaux boueuses qui s'écoulent du pit vont à l'atelier d'en bas.

Les canaux sont égaux; ils ont 3^m,65 de longueur, 0^m,45 de largeur et 0^m,25 de profondeur. On y fait trois divisions et tandis que le gamin vide un canal sur le plancher voisin, l'autre canal reçoit les matières qui lui arrivent du broyage. La boîte fonctionne en partie comme celle d'un shaking trunk, en ce que les gros sables y sont repris à la pelle pendant le travail même; le pit n'est nettoyé que lorsqu'on le juge assez plein.

Voici la destination respective des divisions effectuées :

Appareils de dépôt N_4 recevant le minerai best broyé à 3 trous sur 4.

1° Tête du canal. . . . . va au welsh buddle.
2° Seconde tête du canal. . . . . va à la tye.
3° Queue du canal. . . . . . . } vont au shaking trunk.
4° Boîte. . . . . }
5° Pit. . . . . va au square ou au round buddle.

L'effet enrichisseur de ces canaux est considérable, ce qui explique comment la tête est immédiatement bonne pour le welsh buddle. Le grain des matières est presque aussi gros que celui de la tête F_1 du shaking trunk qui traite les cuves E_8 du menu de mine; aussi la caisse inférieure du welsh buddle doit-elle subir les mêmes opérations que la caisse G_2 (voir ci-devant le travail de Fβ et Hβ).

La seconde tête est encore riche mais contient les grenailles plus fines de galène pure mêlées aux grains galène et gangue : la tye donne une tête pour le welsh buddle et une queue pour le crible à 6 trous.

La queue du canal et la boîte contiennent la masse des grosses grenailles stériles entraînées jusque là par le courant d'eau et en même temps des grains moindres de galène et gangue et une forte proportion de sables. Le traitement au shaking trunk ne donne pas de tête; la boîte du trunk va au crible à 5 trous (où se fait le stérile); la caisse du trunk va au round buddle.

Il en est de même des sables retirés du pit N_8.

II. *Minerai de seconde qualité, broyé aux grands cylindres.*

Le minerai de seconde qualité (*second best*) est notablement moins riche que le précédent; on le broie aux grands cylindres avec le même trommel à 3 trous sur 4, mais on ajoute sur le parcours des matières entraînées par l'eau un second trommel à mailles de 6 trous par pouce.

Le gros O_1 tombe dans une boîte spéciale installée à côté de la tête des canaux; le fin s'écoule aux appareils de

dépôt N, comme dans le cas du minerai best. Cet unique classement de grosseur est déjà très-efficace : à son défaut, la masse des matières broyées contenant ici beaucoup de grosses grenailles, les unes stériles, les autres formées de gangue avec mouches de galène, ces grenailles encombreraient à tel point les canaux N que leur rôle enrichisseur deviendrait presque nul. Grâce au petit trommel à 6 trous, cet inconvénient se trouve évité.

La boîte O_1 est directement criblée à 5 trous. Quant aux produits fins ils se répartissent de la manière suivante :

Appareils de dépôt N′, *recevant la partie fine du minerai second best.*

1° Tête du canal.	va à la tye.
2° Queue du canal.	vont au shaking trunk.
3° Boîte.	vont au shaking trunk.
4° Pit.	va au square ou au round buddle.

La *tête* N'_1 est très-analogue à la seconde tête N_2 du best : elle est traitée comme elle.

La queue N'_2 et la boîte N'_3 donnent au débourbage, outre les sables fins pour round buddle, des grenailles pauvres qui doivent être criblées. Ces grenailles ayant traversé les mailles du trommel à 6 trous, ne devraient rigoureusement aller qu'à des cribles à 7 trous ; cependant on les passe au crible à 5 trous en les mêlant à cet effet avec le gros du catch box O_1. Cette pratique est irrationnelle puisqu'elle fait perdre une partie des bons résultats du classement de grosseur ; mais si l'on se reporte aux indications que j'ai données sur le mode de travail des cribles, on verra que le but principal est encore atteint : on écume du stérile et on traite par le fait au crible à 5 trous des matières mal classées et en grande proportion plus fines que les trous du crible : ce qui ne déroge pas à l'usage anglais. D'ailleurs on sait partout cribler, s'il est nécessaire, en conservant sur le crible une couche de grosses grenailles denses qui forme un faux fond mobile et diminue pratiquement les ouvertures.

III. *Écumes des cribles broyées aux petits cylindres.*

Les écumes de cribles que l'on passe aux petits cylindres sont de teneur très-variable, mais on peut y distinguer deux qualités répondant aux minerais best et second best et comme eux broyés séparément.

La qualité riche comprend :

K_1 Premières écumes des cribles à main à 7 trous.
$L\alpha_1$ Premières écumes des cribles à 6 trous L, travaillant les écumes de fonds K_2 des cribles à main.
E_4 Quelques fonds des cribles à 3 trous.

La qualité pauvre de beaucoup la plus considérable vient de :

E_2 et J_3 Écumes de fond des cribles à 3 trous et à 5 trous.
L_2 Écumes de fond du travail ordinaire des cribles à 6 trous.

Indépendamment des matières fournies par le traitement du menu et des minerais passés aux grands cylindres, les petits cylindres reçoivent de nouveau une certaine quantité d'écumes des cribles à 6 et à 7 trous alimentés par eux; en d'autres termes, après un premier broyage fin, une partie des produits secondaires du criblage fait retour aux petits cylindres. Ici encore on observe la division en deux qualités.

Le *stérile* ne provient que des dernières queues du round buddle; les écumes les plus pauvres ne sont pas rejetées, elles vont au bocard.

Quant au *minerai marchand* ses sources sont les mêmes que dans le cas du broyage gros.

Les petits cylindres de Level Fawr n'ayant pas de trommel broyent selon la marche à des dimensions variables entre 6 et 12 trous; le produit très-mal classé ne donne dans les canaux qu'un dépôt confus. Il n'y a pas lieu de faire de divisions et le contenu du canal est porté tout entier au

crible à 6 trous, qui marche avec un fond de grenailles. La boîte qui suit les canaux donne un gros sable bourbeux, lequel après un lavage rapide dans l'appareil même, va aussi au crible à 6 trous. Le pit est traité au round buddle.

Voici, dans le cas où l'on broye des écumes riches, quelles sont les principales circonstances du traitement :

Appareils de dépôt Na, recevant les écumes broyées aux petits cylindres.

1° Canal tout entier va au crible à 6 trous L.	1° Écumes vont au bocard. 2° Écumes repassent aux petits cylindres. 3° Fond va au crible à main à 7 trous. 4° Cuve va au welsh buddle.
2° Boîte, débourbée sur place, va au crible à 6 trous.	
3° Pit. . . . . va au round buddle.	

La cuve L, obtenue ici est toujours très-boueuse, en sorte que, si au lieu d'écumes riches on en a broyé de pauvres, il est bon d'envoyer d'abord le dépôt de cuve à la tye ; la tête de tye est alors prête pour le welsh buddle et la queue repasse au criblage.

§ 3. TRAITEMENT DES MATIÈRES BOCARDÉES ET DES BOUES DE TOUT L'ATELIER.

I. *Ecumes pauvres des cribles mécaniques à 3, 5 et 6 trous, passées au bocard.*

Comparé au *dressing floor* d'une mine d'étain du Cornwall, l'atelier des matières fines à Level Fawr est d'une grande simplicité.

La tye, le round et le square buddles et la kieve forment tout son matériel de lavage et la marche des opérations n'est pas compliquée.

Le bocard est à grilles en tôle d'un fort calibre ; le diamètre des trous est d'environ 2 1/2 millimètres. Les canaux de dépôt sont au nombre de deux seulement ; l'un reçoit le produit des 12 flèches, tandis que l'autre est élaboré ;

chaque canal aboutit à un bassin (*pit*) qui retient les sables fins et au delà duquel les boues vont s'écouler aux grands slime pits.

Les produits du bocardage se trouvent dès le début divisés en trois parties.

1° Sables.	retenus aux canaux.	Q.
2° Sables fins.	arrêtés aux pits.	R.
3° Boues.	s'écoulent aux slime pits.. . . .	T.

Dans les canaux on fait tête et queue; la teneur est différente mais le traitement est le même. Ces sables sont enrichis à la tye S et les têtes successives repassent jusqu'à ce qu'on obtienne du minerai marchand; les dernières queues de tye sont transportées à un long canal en gradins Y, parcouru par un fort courant d'eau; la grande masse des sables est entraînée à la rivière comme stérile, ce qui reste sur ce canal est reporté à la tye.

Les sables fins retirés des pits R sont enrichis par deux ou trois passages au round buddle; la tête riche est terminée à la kieve, dont le fond constitue du minerai marchand, tandis que l'écume retourne au round buddle.

Les dernières queues du travail des sables fins au round buddle sont rejetées comme stériles.

II. *Boues provenant des diverses parties de l'atelier.*

En tête des grands bassins, slime pits proprement dits, deux plus petits Tα et Tβ retiennent les sables fins contenus dans les eaux boueuses de l'atelier d'en haut : ces sables sont traités au round buddle et à la kieve comme les précédents, R.

Les grands slime pits T_1 à T_4 ne reçoivent ainsi que les boues fines tant du bocardage que des eaux d'en haut. Le dépôt retiré des bassins passe au round buddle; la tête du deuxième travail est enrichie au square buddle, et la tête de celui-ci est terminée à la kieve.

Les dernières queues de round buddle constituent le stérile. Les eaux bourbeuses de cette partie du traitement vont déposer dans l'atelier dit des tributors, dont les appareils, outre les slime pits, sont seulement des buddles carrés et des kieves.

En résumé, l'atelier des matières fines rejette comme *stérile* :

Les queues du long canal à gradins ; issue du gros sable.

Les dernières queues des round buddles : sables fins et boues.

Le *minerai marchand* est fourni par les têtes de tyes et les fonds de kieves.

Malgré la simplicité des opérations le traitement doit être considéré comme assez efficace, et il ne sera pas inutile d'entrer à ce sujet dans quelques explications sur les précautions prises pour la conduite des appareils et sur les causes principales qui permettent d'abréger ici les manipulations si longues et si minutieuses auxquelles on se livre dans les meilleurs ateliers des mines d'étain.

La tonne de minerai de plomb marchand n'atteint moyennement que le cinquième du prix de la tonne de black tin ; si l'on cherche ici à préparer à une teneur élevée, on peut cependant, eu égard à la richesse des grenailles et schlichs de l'atelier d'en haut et à leur forte proportion dans le minerai marchand, s'en tenir à la teneur de 55 à 60 p. 100 à l'atelier des matières fines ; le minerai d'étain est au contraire amené à une pureté presque absolue.

Indépendamment de ces conditions économiques, on a pour soi des circonstances favorables : densité de la galène, pas de gangues pesantes et surtout une dissémination infiniment moindre que celle de l'étain oxydé.

De là, possibilité de bocarder gros et de ne pas faire de *crazes*, c'est-à-dire de sables minerai et gangue à renvoyer au bocard.

Quoique peu compliquées, les dispositions suffisent pour

assurer la division des matières selon le grain. Ainsi, les bassins R à la suite des canaux reçoivent les boues grenues ou sables fins du bocardage et ceux du lavage à la tye; ils représentent les petits slime pits du Cornwall. Les bassins $T\alpha$ et $T\beta$ jouent le même rôle pour les eaux boueuses de l'atelier d'en haut. Les grands slime pits franchis successivement par les eaux déjà débarassées des sables fins donnent encore une classification sensible. On peut en juger par ce fait que les durées respectives du remplissage des trois premiers bassins sont 1, 3 et 6 mois environ.

L'usage considérable des round buddles est justifié par les soins que l'on apporte à leur livrer des matières convenablement classées, bien délayées et nettoyées des fragments de bois, copeaux et pailles amenés par le vent à la surface des slime pits. Je donne plus loin les dispositions du mécanisme adopté à Level Fawr.

Si aucune boue n'atteint ici le degré de ténuité de la plupart des slimes traitées dans le Cornwall par le paddle trunk et la frame, en revanche le round buddle lave avec succès des boues plombeuses déjà très-fines et son intervention me paraît poussée aussi loin qu'il est utile de le faire pour le traitement des matières de cette espèce.

Tandis que les têtes riches des round buddles, qui passent les sables fins vont directement à la cuve, on a soin d'envoyer d'abord au buddle carré celles qui proviennent du lavage des dépôts des grands slime pits. J'ai signalé dans un précédent mémoire la différence entre le *tassement* des matières au round et au square buddle ; pour un sable ou une boue déterminés la tête du buddle carré est plus *tendre* et retient les particules denses qui s'écouleraient sur la surface plus frayée du round buddle.

Nous verrons qu'à Frongoch on se dispense du buddle carré : cela tient d'une part à ce que la gangue éminemment quartzeuse donne au broyage moins de produits très fins que ne le font la chaux carbonatée et le schiste de Level

Fawr, de l'autre, et plus encore à la présence de la blende, qui nécessite un long travail au round buddle. La blende fine n'est pas recueillie; son expulsion entraîne la perte d'une proportion notable de galène, en sorte que les têtes riches en galène et pauvres en blende sont à fortiori bien dépouillées de gangue terreuse et prêtes pour la cuve.

Je donnerai ultérieurement les frais de préparation : trois chiffres suffiront pour caractériser les difficultés du travail des matières fines et les soins qu'on y apporte. La main-d'œuvre seule rapportée à la tonne de minerai marchand, extrait de cette partie de l'atelier et désigné dans le pays sous le nom de *slime ore*, revient à 32 francs à Level Fawr et à 85 francs à Frongoch : la main-d'œuvre *correspondante* consacrée dans le Cornwall au minerai d'étain bocardé varie dans les grandes mines de 100 à 120 francs par tonne de black tin prêt pour la vente.

Tableaux résumant les principales divisions du travail et les formules de traitement.

Les tableaux qui suivent n'ont pas besoin d'être commentés, l'énoncé de leur titre suffira.

TABLEAU N° 1 indiquant pour chacune des divisions et subdivisions du travail les points de sortie du stérile et du minerai marchand et la nature des produits secondaires envoyés d'une subdivision à une autre.

TABLEAU N° 2 Opérations avant broyage.

TABLEAU N° 3 Traitement des minerais et des écumes broyés.

TABLEAU N° 4 Traitement des écumes bocardées et des boues de tout l'atelier.

ATELIER DE LEVEL FAWR.

TABLEAU N° 1 *indiquant pour chacune des divisions du travail les points de sortie du* stérile *et du* minerai marchand, *et la nature des* produits secondaires *rentrant dans les autres divisions.*

DIVISIONS principales.	SUBDIVISIONS.	STÉRILE.	PRODUITS SECONDAIRES. Origine.	PRODUITS SECONDAIRES. Issue.	MINERAI MARCHAND.
§ 1. Opérations avant broyage.	I. Débourbage, classement de grosseur, triages à la main, cassage et triage.	Fragments des trois triages.	Menu de mine (7''/8). . . . . Minerai de 1re et 2e qualités.	§ 1. II. § 2. I et II.	» »
	II. Préparation du menu de mine.	Premières écumes des cribles à 3 trous et à 5 trous. Dernières queues de round et de square buddles.	Deuxièmes écumes des cribles à 3 trous et à 5 trous. . . . . Premières écumes des cribles à 6 trous.	§ 3. I.	Tas sur le welsh buddle. Fonds de cribles à main à 7 trous. Quelques fonds de cribles à 6 trous. Fonds de kieves.
			Troisièmes écumes des cribles à 3 trous et à 5 trous. . . . . Fonds des cribles à 3 trous. . . . . Deuxièmes écumes des cribles à 6 trous. Premières écumes des cribles à main à 7 trous.	§ 2. III.	
			Boues.	§ 3. II.	
§ 2. Traitement des matières broyées.	I et II. Traitement des minerais de 1re et 2e qualités, broyés aux grands cylindres.	Premières écumes des cribles à 5 trous. Dernières queues des buddles.	Deuxièmes écumes des cribles à 5 trous. Premières écumes des cribles à 6 trous.	§ 3. I.	Tas sur le welsh buddle. Fonds de cribles à main à 7 trous. Quelques fonds de cribles à 6 trous. Fonds de kieves.
			Troisièmes écumes des cribles à 5 trous. Deuxièmes écumes des cribles à 6 trous. Premières écumes des cribles à main à 7 trous.	§ 2. III.	
			Boues.	§ 3. II.	
	III. Traitement des écumes broyées aux petits cylindres.	Dernières queues des buddles.	Premières écumes des cribles à 6 trous.	§ 2. I.	Tas sur le welsh buddle. Fonds de cribles à main à 7 trous. Fonds de kieves.
			Deuxièmes écumes des cribles à 6 trous. Premières écumes des cribles à main à 7 trous.	§ 2. III.	
			Boues.	§ 3. II.	
§ 3. Atelier des matières fines.	I. Traitement des écumes pauvres passées au bocard.	Queue du long canal. Dernières queues des round buddles.	Boues.	§ 3. II.	Têtes de tyes. Fonds de kieves.
	II. Traitement des boues de tout l'atelier.	Queues des round buddles.	Boues allant à l'atelier des	Tributors.	Fonds de kieves.

ATELIER DE LEVEL FAWR.

TABLEAU N° 2.

§ 1. — OPÉRATIONS AVANT BROYAGE.

ATELIER DE LEVEL FAWR.

TABLEAU N° 2. — § 1. *Opérations avant Broyage.*

I. Débourbage, Classement de grosseur, Triage et Cassage du Minerai sortant.

MINERAI SORTANT.
↓
Trémies A.
↓
Grille à Eau 7''/8 B

- 1° Dessus descend à la *Table de Triage* C
  - 1° Gros fragments vont au *Cassage* à la masse et *Triage*. . . . . . . C_1
  - 2° Moyenne grosseur triée à mesure sur la Table. C
- 2° Dessous passe au *Trommel* 7''/8. . . B
  - 1° Fragments passant outre vont à la *Table circulaire de Triage* D_1
  - 2° Menu traversant les mailles, arrêté au *Catch Pit*. . . . . . . D_2 constitue le Menu de mine. . . (*Small*). § 1. II.

C_1, C, D_1 : Produits des triages.
- Minerai de 1re qualité (*Best*).
- Minerai de 2e qualité (*Second Best*). . . . .

  Ces deux qualités vont séparément aux *Grands cylindres broyeurs* G C, § 2.
- Stérile. . . . . (*Waste*). Rejeté.

II. Traitement du Menu de mine.

MENU DE MINE.
↓
Crible à 3 trous E

- 1° Premières écumes subissent un triage sommaire; la masse est regardée comme Stérile. . . Rejeté.
- 2° Deuxièmes écumes; on n'en fait que si le Menu traité le comporte; vont au. . . . . *Bocard* P, § 3.
- 3° Écumes de Fond.
- 4° Fond de Crible. .

  (3° et 4°) vont séparément aux. . . . . *Petits cylindres broyeurs* S C, § 2.
- 5° Cuve du Crible, va au. . . . . *Shaking trunk* F.

Cuve du Crible à 3 trous E_5. → *Shaking Trunk* F.

- 1° Tête va au *Welsh Buddle* G
  - 1° Tas sur le *Welsh Buddle*. . . . . MINERAI LAVÉ.
  - 2° Caisse va au *Shaking Trunk* Fβ
    - 1° Tête (très-peu) va à la *Tye*. . . . . Hβ
      - 1° Tête va au *Welsh Buddle*.
      - 2° Queue riche, au *Crible* à 5 trous.
    - 2° Boite va au *Crible* à 6 trous.
    - 3° Pit va au *R. Buddle*.
- 2° Boite va à la *Tye*. . . . H
  - 1° Tête va séparément au *Welsh Buddle*.
  - 2° Queue va au *Crible* à 5 tr. . . J
    - 1° Ecumes : Stérile rejeté.
    - 2° Ecumes pour *Bocard*.
    - 3° Ecumes pour *Petits Cylindres*.
    - 4° Fond passe au *Tamisage sec* à 2 tr. . . . .
      - 1° Dessus pour *Petits Cylindres*.
      - 2° Dessous pour *Crible à main* à 7 trous. . . . K
        - 1° Ecumes (peu). . . =
        - 2° Ecumes vont au *Crible* à 6 trous. . Lα
          - 1° Ecumes vont aux *Petits Cylindres* (ces écumes riches sont broyées à part).
          - 2° Fond riche. MINERAI LAVÉ.
          - 3° Cuve au *Welsh Buddle*.
        - 3° Fond de Crible. . =
        - 4° Cuve du crible. . =
    - 5° Cuve va au *Shaking Trunk*. . . Fα
      - 1° Tête va au *Welsh Buddle* Gα
        - 1° Tas sur le buddle. . . . . MINERAI LAVÉ.
        - 2° Caisse va au *Crible* à 6 trous. L
          - 1° Ecumes vont au *Bocard*.
          - 2° Ecumes vont aux *Petits Cylindres*.
          - 3° Fond va au *Crible à main* K.
          - 4° Cuve va au *Welsh Buddle*.
      - 2° Boite va à la *Tye*. . . . . . Hα
        - 1° Tête va au *Welsh Buddle*.
        - 2° Queue va au *Crible* à 6 trous L.
      - 3° Pit va au *R. Buddle*. . . . . I (s'il y a peu de matières, au *Buddle Carré* I_1).
- 3° Pit va au *R. Buddle*. . . . I
  - 1° Tête repasse séparément au *R. Buddle*. . . . .
    - 1° Tête va à la *Kieve*. . M
      - 1° Ecumes vont au *Round Buddle*.
      - 2° Ecumes repassent à la *Kieve*.
      - 3° Fond de *Kieve* riche. . . . . MINERAI LAVÉ.
    - 2° Milieu repasse.
    - 3° Queue repasse.
  - 2° Milieu repasse.
  - 3° Queue repasse 2 ou 3 fois ; les dernières queues sont rejetées.

Nota. **Toutes les Eaux Boueuses des opérations avant Broyage vont déposer aux Slime Pits, § 3.**

ATELIER DE LEVEL FAWB.

TABLEAU N° 5. — § 2. *Traitement des Matières broyées.*

I. MINERAI DE PREMIÈRE QUALITÉ (*Best*) BROYÉ AUX GRANDS CYLINDRES GC.

Le mineral a traversé un trommel à mailles de 3 trous sur 4; il est entrainé par un courant d'eau.

				Observations sur les Opérations ultérieures.
MINERAI BEST BROYÉ. ↓ *Canaux de dépôt* N	1° Tête du Canal va au *Welsh Buddle*		1° Tas sur le Buddle. MINERAI LAVÉ.	
			2° Caisse va au. . . . *Shaking Trunk.*	Traitement analogue à celui de G_2, § 1.
	2° Seconde tête du Canal va à la *Tye*		1° Tête va au. . . . . *Welsh Buddle.*	Matière un peu plus fine que N_1, traitée comme elle et séparément.
			2° Queue va au. . . . *Crible* à 6 trous L.	Traitement analogue à celui indiqué au § 1.
	3° Queue du Canal. . . 4° Boite. . .	vont au *Shaking Tr.* (Pas de dépôt sur la Tête du Trunk.)	1° Boite va au. . . . . *Crible* à 5 trous J.	Matière plus riche, traitée comme H_2, § 1; peu ou pas d'Ecumes Stériles.
			2° Pit va au. . . . . . *Round Buddle* I.	Traitement identique à celui de F_3, § 1; on enrichit par passages successifs au Round Buddle, on finit à la Kieve; les dernières queues de Round Buddles sont jetées.
	5° Pit va au *Buddle carré* I_1 ou au *Round Buddle* I.			(même observation)

Suite du Tableau précédent.

II. Minerai de seconde qualité (*Second best*) broyé aux Grands Cylindres GC.

Après le Trommel de 3 trous sur 4, le Minerai entraîné par l'Eau traverse un second Trommel à 6 trous.

				Observations sur les Opérations ultérieures.
Minerai Second best broyé. ↓ *Trommel à 6 trous* O.	1° Gros passant outre est recueilli à une *Catch Box*; d'où il est porté au.		*Crible* à 5 trous J.	Ce gros est à peu près de la même qualité que II_2, § 1.
	2° Fin, traverse les mailles, s'écoule aux Canaux. . . . N'	1° Tête du Canal va à la	*Tye.*	Traité comme la seconde Tête N_2 du Best broyé, § 2, I.
		2° Queue du Canal. . . . 3° Boîte. . . . vont au	*Shaking Trunk.*	Traitement semblable à celui de N_3 et N_4; seulement pour passer au Crible à 5 trous, les matières sont mêlées au gros O_1 recueilli à la Catch Box.
		4° Pit va au. . . . . . . ou au.	*Buddle carré.* *Round Buddle.*	Comme N° 5.

III. Écumes des Cribles (*Skimmings*) broyées aux Petits Cylindres SC.

On passe ensemble les Matières de qualités analogues, telles que E_3, J_3, L_2 et à part les Écumes plus riches K_1, $L\alpha_1$.

Il n'y a pas de Trommel; le grain obtenu varie entre 6 et 12 trous; le Minerai broyé est entraîné par l'Eau.

Écumes broyées. ↓ *Canaux de dépôt* Na.	1° Canal entier va au *Crible* à 6 trous. L	1° Écumes vont au. . .	*Bocard.*	Les matières recueillies au Canal étant mal classées de grosseur et de qualité, on juge inutile de faire tête et queue : le tout passe au Crible à 6 trous et subit un traitement identique à celui indiqué pour L, § 1.
		2° Secondes Écumes repassent aux.	*Petits Cylindres.*	
		3° Fond de Crible va au	*Crible à main* à 7 trous.	
		4° Cuve du crible va au	*Welsh Buddle.*	
	2° Boîte débourbée sur place va au *Crible* à 6 trous. . . L	. . . .		Le contenu de la boîte, après débourbage, est plus pauvre que $N\alpha_1$; traité de même.
	3° Pit va au *Buddle carré.* . I_1 ou au *Round Buddle*. . . . I	. . . .		Comme N_4 et N_5.

Nota. — Toutes les Eaux boueuses vont déposer aux slime Pits, § 3.

ATELIER DE LEVEL FAWR.

TABLEAU N° 4. - § 3. *Traitement des Matières bocardées et des Boues de tout l'Atelier.*

I. ÉCUMES PAUVRES DES CRIBLAGES PASSÉES AU BOCARD P.

Les grilles en tôle ont des trous de 2,5 millimètres.

Canaux . . . . Q, retenant les sables du Bocardage.
- 1° Tête va à la . . . . *Tye* S
  - 1° Tête repasse à la Tye jusqu'à obtention du MINERAI LAVÉ.
  - 2° Les dernières queues de la Tye sont jetées au *Canal* Y. Ce qui reste sur le Canal est reporté à la Tye; la masse est entraînée à la rivière, comme Stérile.
- 2° Queue traitée comme la tête, mais séparément.

Pits . . . . R, retenant les sables fins échappés aux canaux et aux tyes.
- Le dépôt entier va au *R. Buddle* U
  - 1° Tête repasse 2 à 3 fois, va à la *Kieve* X
    - 1° Ecumes vont au *Round Buddle*.
    - 2° Fond. MINERAI LAVÉ.
  - 2° Milieu repasse.
  - 3° Queue, Stérile rejeté.

Nota. — Les boues échappées aux Canaux Q, aux Pits R et aux Tyes S vont déposer aux Slime Pits T.

II. BOUES PROVENANT DES DIVERSES PARTIES DE L'ATELIER.

Slime Pits . . . . . . T | Le dépôt est traité aux *R. Buddle* U
- 1° Tête repasse 2 à 3 fois, va au *Square Buddle* V, puis à la *Kieve* X.
- 2° Milieu repasse.
- 3° Queue repasse; les dernières queues jugées Stérile, rejeté.

Nota. — Les Eaux boueuses de ce traitement vont déposer dans un Atelier situé à l'ouest et pourvu de Slime Pits, Buddles carrés et Kieves; le lavage est fait par des tributors.

II. *Atelier de Frongoch.*

Aperçu des opérations et indications sur les appareils. — L'atelier de Frongoch traite un minerai pauvre en plomb, fortement mêlé de blende et à gangue quartzeuse très-dure. En comparant les poids de minerai sortant et de minerai marchand, on constate, en 1859, un rendement inférieur à 6 de galène lavée pour 100 de roches extraites. La mine n'occupe pas de tributors; la préparation se trouve exempte des embarras que suscite cette classe d'ouvriers.

L'atelier, parfaitement aménagé, s'étend sur un vaste plan incliné, ou plutôt sur une série de gradins en pente douce. Le croquis figure 2, Pl. I, montre ses divisions naturelles au nombre de quatre :

Atelier supérieur, où se font le débourbage, les classements de grosseur, les triages et le cassage, enfin le premier criblage du menu de mine et le chargement aux cylindres broyeurs,

Atelier du milieu, consacré à l'élaboration finale du menu et particulièrement des matières broyées aux grands et aux petits cylindres.

Atelier inférieur, avec bassins de dépôt des sables fins et des boues et appareils laveurs de ces matières fines.

Atelier d'en bas ou des résidus, pourvu d'un bocard aujourd'hui inactif et de la troisième paire de cylindres qui le remplace et traitant aussi les dernières eaux boueuses qui s'écoulent du précédent.

L'appareil de débourbage, classement et triage, est le même qu'à Level Fawr; l'intervalle des barreaux de grille est ici de 1" 1/2 = 0^{m},038 et le côté de la maille du trummel est 1" = 0^{m},025 : différence motivée par la moindre schistosité des fragments.

Les cribles sont mus à bras (*jiggers*), ce qui a permis de les répartir en groupes par numéros; chaque groupe se

trouvant ainsi rapproché des appareils avec lesquels il est en relation, l'économie due à Level Fawr au moteur mécanique est remplacée ici par celle des transports.

On compte 6 cribles à 4 trous pour le menu de mine, 6 cribles à 5 trous et 4 autres à 6 trous dans l'atelier du milieu.

Les cribles à main sont de deux sortes, ceux à 7 trous par pouce (les seuls avec toile en fil de fer sur tout l'atelier) et ceux dits *copper bottom* en tôle de cuivre avec trous d'environ 1 millimètre, employés à terminer le lavage des grenailles fines.

Les grands cylindres ont aussi le trommel à 3 trous sur 4; seulement, dans le cas du minerai de seconde qualité, le trommel supplémentaire est à 5 trous.

Les petits cylindres travaillent avec un trommel à 6 trous.

Les welsh buddles sont aujourd'hui inactifs; il n'y a pas de shaking trunk : à leur place on emploie le Lisburne buddle et le sizing box.

Le *Lisburne buddle*, construit pour la première fois à l'atelier d'en bas vers 1855, a été placé au centre de l'atelier du milieu et son introduction est venue modifier profondément la marche des opérations. Cet appareil très-ingénieux, sur lequel je donne plus loin beaucoup de détails, consiste essentiellement en un plan incliné recevant en tête une nappe d'eau devant laquelle le minerai est poussé diagonalement par un râble à 21 dents faisant 20 oscillations par minute. Le travail est continu; le minerai, poussé à la pelle à l'un des angles supérieurs du plan, va sortir dans quatre boîtes, dont deux sur le côté opposé à l'admission reçoivent incessamment les produits riches du lavage, tandis que les sables pauvres descendent dans les autres placées à la base du plan.

Le *sizing box* ou classeur à jet d'eau comprend trois boîtes en gradins communiquant par les bords supérieurs; chacune reçoit au fond un courant d'eau ascendant, qui

détermine un remous énergique dans les sables en suspension. On charge à la pelle dans la boîte de tête; les gros grains descendent contre le courant et viennent tomber dans une case antérieure; les grains plus fins subissent un classement analogue en arrivant par la surface dans la seconde boîte; les boues seules s'échappent au dernier niveau. Ce classeur, dont le principe est excellent, ne fonctionne pas d'une manière aussi satisfaisante que les appareils du même genre usités à l'atelier de Great Devon Consols (Devonshire); cette infériorité dans les résultats obtenus peut être attribuée, d'une part à certains détails de construction, de l'autre à ce qu'on passe à Frongoch des sables d'un gros grain, c'est-à-dire d'une dimension limite pour le travail qu'il est bon de demander à ce type de classeur. C'est ainsi que, construit avec trois boîtes consécutives, l'appareil n'utilise que les deux premières; il donne par suite deux qualités de sables, outre les boues qui s'écoulent aux bassins de dépôt.

L'atelier inférieur contient trois round buddles, une kieve avec agitateur mécanique et une seule table tournante.

Cet appareil allemand, connu en Angleterre sous le nom de *Zenner rotating frame*, est employé concurremment avec les round buddles; son rôle dans l'atelier n'est rien moins que caractéristique.

Description de l'atelier (croquis *fig.* 2, Pl. I).

Je conserve pour cette description l'ordre précédemment indiqué.

Atelier supérieur.

$\alpha\beta\alpha'$ Railway amenant le minerai du puits Pryse à l'ouest et du puits Taylor à l'est.

AA' Deux trémies de déchargement; chacune est affectée au service d'un puits.

BB' Grilles de lavage et classement; intervalle des barreaux 1" 1/2 = 0^m,038.

CC′ Tables fixes pour le triage de grosseur et de qualité; sauf le stérile transporté au chemin de fer, tout le reste va à :

DD Hangar pour le cassage et triage des blocs et le dépôt des minerais triés, prêts pour le broyage; *b* dépôt de la blende massive ; *c* dépôt des fragments blende et galène.

EE′ Trommels classeurs; mailles de 1″ = 0m,025 traversées par le menu de mine.

FF′ Tables circulaires animées d'une rotation lente : triage des petits fragments.

GG′ Boîtes retenant le menu de mine; on l'y reprend pour le passer au premier criblage :

HH′H″ Six cribles à 4 trous accolés deux à deux.

Issues des matières produites.

aa′ Trappes recevant les dépôts de cuve des cribles à 4 trous; ces dépôts descendent, entraînés par les eaux du débourbage, à l'atelier du milieu; ils s'arrêtent dans le canal T.

δδ′ Railway conduisant les divers lots de minerai au premier étage des grands cylindres broyeurs.

γγ′ Railway emmenant aux remblais le stérile des triages.

εε′ Railway emmenant le stérile du criblage du menu.

Atelier du milieu.

L Grands cylindres; L′ petits cylindres.

NO,N′O′ Canaux et boîtes de dépôt des matières broyées.

P Lisburne buddle.

R Classeur à jet d'eau.

$P_1P_2P_3$ Trois welsh buddles inactifs.

SS′S″ Cuves et tamis pour le criblage à main à 7 trous ou sur fond de cuivre.

T Deux canaux accolés recevant les dépôts de cuve des cribles H.

Ces dépôts n'y arrivent que lorsqu'on vide les cuves; dans l'intervalle ces canaux sont traversés par les eaux du débourbage et servent alors de tyes pour l'enrichissement des milieux et queues, mis de côté lors de la reprise des dépôts obtenus dans l'appareil lui-même.

UU′U″ Six cribles à 5 trous.

VV′ Quatre cribles à 6 trous.

X Planches pour le dépôt provisoire du minerai marchand.

Issues des matières.

$\mu\mu'$ Railway conduisant le minerai lavé en magasin.

$vv'v''v'''$ Railway desservant les cribles U et V; la voie se bifurque en v'' au moyen d'une plaque tournante; la branche $v''v''''$ emmène les écumes stériles aux remblais, tandis que la voie principale $v''v'''$ transporte les écumes pauvres à la troisième paire de cylindres L'', à l'atelier d'en bas.

Quant aux sables fins et boues, ils sont entraînés par les eaux aux divers bassins de dépôt de l'*atelier inférieur*, où s'exécute la principale élaboration des matières fines.

Atelier inférieur.

$A_1A_2A_3$ Cinq grandes caisses allongées, pour la retenue des sables. Toutes ces caisses débouchent dans une rigole générale, qui aboutit aux grands bassins, slime pits; leur emplacement bien choisi les laisse à proximité des round buddles où vont leurs produits; on évite ainsi tout transport des sables et la circulation importune des brouetteurs dans l'atelier du milieu.

A_1 reçoit les matières fines du débourbage du minerai sortant. La roue hydraulique située en tête de l'atelier conduit les trommels E et les tables rotatives F; son eau motrice arrive aux grilles B, entraîne les petits fragments et ensuite le menu dans des rigoles en fonte suffisamment inclinées et se déverse, des boites G sous les trappes a, dans les conduits qui l'amènent aux canaux tyes T; là elle sert au lavage des cribles H et se rend enfin à la caisse A_1 où s'arrête le sable fin.

A_2 joue le même rôle par rapport aux eaux des broyages et remplace le pit que nous avons vu à Level Fawr installé à la suite de la boite pour gros sable.

A_3 est traversé par les eaux du Lisburne buddle et du classeur.

B_1 *à* B_4 Quatre grands slime pits communiquants; chacun d'eux a $30' = 9^m,15$ de long sur $13' = 4$ mètres de large et environ $6' = 1^m,80$ de profondeur. Ils sont entourés de canaux qui servent à diriger les eaux lorsqu'on a besoin de vider

un d'entre eux. La surface des quatre slime pits est d'environ 145 mètres quarrés.

$C_1C_2C_3$ Trois round buddles.

D_1 Table tournante de M. Zenner.

F_1 Kieve avec palettes mues par la roue hydraulique E_1 chargée de la conduite des précédents appareils.

G_1 Dépôt provisoire de minerai lavé.

Issues des matières.

Le stérile fourni par les dernières queues des round buddles est roulé à la brouette, et forme de grands tas au voisinage de ces buddles.

Les eaux boueuses qui échappent au dernier slime pit servent à mouvoir la roue E_1, puis vont avec toutes celles des buddles à *l'atelier d'en bas* ou des résidus. Il est alimenté d'un côté par les écumes pauvres des cribles envoyées au broyeur, de l'autre par les boues fines de l'atelier principal. Il comprend :

L″ Cylindres broyeurs avec canaux de dépôt.

K_1 Lisburne buddle ; premier modèle construit.

H_1 Bocard de 12 flèches, inactives aujourd'hui.

N_1 Cinq grands slime pits.

R_1 Deux round buddles.

La tonne de minerai lavé coûte environ 125 francs de main-d'œuvre à l'atelier d'en bas, tandis qu'à l'atelier inférieur les frais ne s'élèvent guère au-dessus de 20 francs.

Relief de l'atelier de Frongoch. — De la voie d'arrivée $\alpha\beta\alpha'$ aux round buddles $C_{1,2,3}$, le sol s'abaisse de 12 mètres, fractionnés de manière à faciliter l'écoulement des eaux boueuses et le transport des produits secondaires d'un appareil à l'autre. J'ai indiqué ci-dessous les dénivellations brusques établies par des murs et l'abaissement dû aux pentes.

	Dénivellation. pieds. mètres.	Pente. pieds. mètres.
Du railway $\alpha\beta\alpha'$ au sol du triage gros.	8 = 2 44	
Du triage gros au triage fin.	4 = 1,22	»
Des tables circulaires au sol des cribles à 4 trous H.	»	2 = 0,61
De l'atelier supérieur à celui du milieu.	9 = 2,74	»
Du rez-de-chaussée des broyeurs à la voie v'.	»	6 = 1,83
De la voie v' aux délayeurs des round buddles $C_1C_2C_3$.	»	3 = 0,91
Mur en tête des round buddles $C_1C_2C_3$.	7 = 2,13	»
Totaux.	28' = 8,53	11' = 3,35

Soit, comme total général, 39' = 11^m,88.

On compte à Frongoch 7 roues hydrauliques, dont 6 à augets et 1 à aubes planes recevant l'eau de côté.

Distribution de la Force motrice hydraulique à Frongoch.

Dimensions des roues. Diamètre. pieds. mèt.	Largeur. pieds. mèt.	Désignation au croquis.	Destination.
16 = 4,876.	2 = 0,609	K	Trommels et tables circulaires (roue de côté).
30 = 9,144.	3 = 0,914	M	Deux paires de cylindres broyeurs.
6 = 1,829.	1 = 0,305	Q	Lisburne buddle.
8 = 2,438.	1 = 0,305	E_1	Trois round buddles, kieve, table tournante.
?18 = 5,486.	9 = 2,743	M_1	Cylindres broyeurs, 12 flèches de bocard.
Roue conduisant les deux round buddles d'en bas.			

L'eau de la roue de côté K sert ensuite au débourbage du minerai sortant. La roue principale M envoie son eau à celle M_1 du broyeur d'en bas; sur le parcours une rigole dérive l'eau claire nécessaire aux round buddles $C_{1,2,3}$ et à la table tournante D_1.

Le Lisburne buddle reçoit l'eau qui a servi à sa roue spéciale. Une conduite particulière alimente la roue Q et le classeur R.

Enfin les eaux légèrement boueuses qui s'écoulent du dernier grand slime pit vont mouvoir la roue E_1 et de là se rendent à l'atelier d'en bas.

Exposé des opérations. — En jetant un coup d'œil sur les croquis des ateliers de Level Fawr et de Frongoch, on reconnaît que les deux méthodes de préparation présentent un grand nombre de traits communs et quelques différences essentielles.

La présence de la blende, l'emploi du Lisburne buddle, tels sont les caractères distinctifs du travail à Frongoch, et c'est sur eux que nous insisterons. L'ordre adopté sera le même que précédemment, mais afin d'éviter les répétitions nous laisserons de côté le traitement des écumes broyées et celui des matières fines, qui n'ajouteraient rien à l'intelligence des procédés.

Le minerai sortant contient, selon les chantiers qui l'ont fourni, la galène et la blende en proportions variables et plus ou moins intimement associées.

Dans certains fragments une seule de ces espèces minérales se rencontre unie à la gangue pierreuse; dans la plupart on trouve le mélange galène, blende et gangue. Si de ce mélange on écarte les morceaux dans lesquels la blende domine, le résidu peut être qualifié de minerai de plomb blendeux. Il constitue la majeure partie du minerai sortant et sa préparation est conduite au point de vue de l'extraction de la galène; la blende y joue le rôle d'une gangue nuisible dont on cherche à se débarrasser et dont on ne recueille qu'accidentellement une très-petite quantité prête pour la vente.

Par suite des triages, trois sources sont assignées à la blende marchande :

1° La qualité dite *black jack*, ou minerai de zinc, comprenant quelques fragments massifs et le reste blende et gangue;

2° La qualité *black and ore*, ou minerai de zinc plombeux;

3° Le minerai de plomb proprement dit.

Les appareils finisseurs qui livrent la blende lavée sont les cribles et le Lisburne buddle; l'atelier des slimes n'en produit pas.

§ 1. OPÉRATIONS AVANT BROYAGE.

I. *Débourbage, classement de grosseur, triages à la main, cassage et triage.*

L'opération est conduite comme à Level Fawr; le cassage au marteau (*cobbing*) fait aussi défaut; les triages ne donnent qu'une quantité insignifiante de galène massive et livrent ici cinq classes de produits.

Résultats des triages.

DÉSIGNATIONS FRANÇAISES des qualités.	OPÉRATIONS.		
	Cassage des blocs	Triage moyen.	Triage fin.
1° Minerai de 1re qualité.	Best.	Best.	Prills, qual. riche.
2° Minerai de 2e qualité. . .	Second.	Second.	Dradge, qual. moy.
3° Blende et galène.	Black and Ore.	Black and Ore.	»
4° Blende.	Black Jack.	»	Black Jack.
5° Stérile.	Waste.	Waste.	Waste.

Le cassage des blocs alimente les cinq classes; chacun des triages moyen et fin ne donne que quatre qualités.

Le triage moyen porte sur des fragments de plus de 1" 1/2 de côté, généralement trop volumineux pour contenir de la blende sans galène; les morceaux les plus blendeux sont mis à la troisième qualité.

Le fin compris entre 1" 1/2 et 1" fournit au contraire de la blende que l'on peut séparer au triage, tandis que les petits morceaux blende et galène sont envoyés sans inconvénient à la deuxième qualité formée de minerai de plomb toujours blendeux.

Les produits de chaque classe vont ensemble aux cylindres, qui broient séparément les quatre premières qualités.

II. *Préparation du menu de mine.*

Le traitement du menu de mine peut être subdivisé de la manière suivante.

1° Travail aux cribles à 4, 5 et 7 trous et à la tye, donnant déjà une certaine quantité de minerai marchand ;

2° Travail au Lisburne buddle des produits secondaires riches des précédentes opérations.

Je reviendrai plus loin sur le rôle du Lisburne buddle et je me borne d'abord à exposer la première partie du traitement.

Le menu retiré de la catch box passe d'abord au crible à 4 trous.

Crible à 4 trous H.

1° Premières écumes. . . . . rejetées comme stériles.

2° Deuxièmes écumes : qualité dradge } vont respectivement aux grands cylindres avec les minerais triés de qualité correspondante.
3° Fond de crible. . . : qualité prills }

4° Cuve de crible.

Lorsqu'on a vidé les cuves, le dépôt H_4 est poussé à la pelle dans les trappes *aa'*, d'où il est entraîné par l'eau au canal-tye T ; la reprise du dépôt dans le canal donne lieu à trois divisions.

Canal-tye T.

1° Tête. . . . . va au *Lisburne buddle*.
2° Milieu, mis en tas, . . . repasse à la tye.
3° Queue. . . . . va au crible à 5 trous U.

Le milieu T_2 est enrichi au même appareil fonctionnant cette fois comme tye ; on y obtient une tête et une queue traitées comme T_1 et T_3.

Le crible à 5 trous travaillant les queues T_3 donne :

Crible à 5 trous U.

1° Écumes. . . . . rejetées comme stériles.
2° Écumes. . . . . broyées aux petits cylindres.
3° Fond de crible. . . . . . va au crible à main à 7 trous.
4° Cuve du crible. . . . . . va au *Lisburne buddle*.

Il ne nous reste à suivre que le fond de crible U_3, allant au :

Crible à main à 7 trous S.

1° Écumes. . . . . vont au crible à 5 trous.
2° Fond. . . . . MINERAI DE PLOMB LAVÉ.
3° Cuve. . . . . va au *Lisburne buddle*.

Enfin les écumes S_1 donnent au criblage des écumes pour petits cylindres, un fond de crible, minerai lavé et une cuve pour le Lisburne buddle.

Les résultats de cette première partie du traitement du menu sont résumés dans le tableau suivant.

ORIGINE.	DESTINATION.
Premières écumes des cribles à 4 et à 5 trous.	Stérile.
Ecumes de cribles à 5 trous.	Petits cylindres.
Écumes de fond et fond des cribles à 4 trous.	Grands cylindres.
Têtes du Canal-Tye. Cuves des cribles à 5 et à 7 trous.	*Lisburne Buddle*.
Fonds des cribles à 7 trous et quelques fonds à 5 trous.	MINERAI LAVÉ.

§ 2. TRAITEMENT DES MINERAIS BROYÉS.

I. *Le minerai de première qualité*, broyé avec trommel de 3 trous sur 4, donne aux appareils de dépôt trois divisions :

Canal et boîte de dépôt N.

1° Tête du canal. . . . . } vont séparément au *Lisburne buddle*.
2° Milieu du canal. . . . }
3° Queue du canal et boîte vont au crible à 5 trous U, y sont traités comme T_3, § 1, II.

II. *Le minerai de deuxième qualité*, broyé dans les mêmes conditions que le précédent, est entraîné par l'eau dans le petit trommel à 5 trous.

Trommel à 5 trous.

1° Grenailles, arrêtées à un catch box, vont au crible à 5 trous.
2° Fin, traversant les mailles. . . . . . va aux canaux de dépôt Nα.

Canal et boîte de dépôt Nα.

1° Tête du canal. . . . . va au *Lisburne buddle*.
2° Queue du canal et boîte. . . . . . . vont aux cribles à 5 ou à 6 trous.

On voit que dans le traitement du minerai de plomb de première ou de deuxième qualité, les dépôts riches des canaux de broyage sont envoyés directement au Lisburne buddle; quant aux matières pauvres les criblages à bras, puis à main à 7 trous, sont conduits pour elles comme dans le cas du menu de mine et les dépôts de cuve qui en résultent vont aussi au Lisburne buddle.

III. *La qualité blende et galène*, broyée séparément donne aux canaux un dépôt confus qui passe tout entier aux cribles à 5 trous; on y fait :

Crible à 5 trous Uα.

1° Écumes supérieures rejetées comme stériles.
2° Écumes de fond blendeuses.
3° Fond de crible, blende et galène.

4° Cuve de crible, galène et blende, va au *Lisburne buddle*.

Les écumes $Uα_2$ repassent au crible à 5 trous pour blende; le fond $Uα_3$ va au crible à main à 7 trous, où l'on obtient :

Crible à main à 7 trous Sα.

1° Écumes blendeuses traitées comme $Uα_2$.
2° Écume de fond, *Blende marchande*.
3° Fond de crible, MINERAI DE PLOMB LAVÉ.

4° Cuve (petite quantité) va au *Lisburne buddle*.

IV. *Blende sans galène.* — Le minerai broyé sous cette désignation est toujours très-riche, en sorte que la totalité des matières reprises dans les caneaux est portée directement au *Lisburne buddle.*

TRAVAIL DU LISBURNE BUDDLE (*).

Le buddle, appareil extrêmement actif, traite des matières très-différentes de nature, de richesse et de grain; nous venons de dire que l'on y passe soit le minerai de plomb, soit la blende, soit enfin le mélange blende et galène; quant à la teneur, sans être jamais très-faible, elle peut varier entre 20 et 80 p. 100 de minéraux utiles et l'on peut admettre 30 et 40 p. 100 comme limites de la moyenne; enfin, et c'est là au point de vue pratique une de ses facultés les plus précieuses, le buddle s'applique aux grenailles du broyage gros dont les dimensions maxima sont 5 et 7,5 millimètres et aux gros sables de tye de 3 à 5 millimètres, puis, à la limite opposée, reçoit encore les cuves du crible à 7 trous (2 à 2,5 millimètres) et même celles du crible à fond de cuivre de moins de 1 millimètre de diamètre.

Le buddle répond directement à un désidératum des ingénieurs anglais, parce qu'il est avant tout *enrichisseur.* On y admet en général des matières très-mal classées, souvent même imparfaitement débourbées; les 4 boîtes donnent des produits dont le classement de grosseur n'est pas moins imparfait, mais dont les teneurs respectives sont très-écartées. Si l'on traite des sables déjà riches on obtient du premier coup, comme au welsh buddle, du minerai marchand et l'appareil joue le rôle de *finisseur*; dans le cas contraire il agit comme *dégrossisseur* énergique et le dépôt recueilli dans la boîte n° 1 est terminé par un seul criblage.

Je reviendrai avec détail dans le chapitre suivant sur les

(*) Dans tout ce passage, l'appareil est appelé buddle par abréviation; il est représenté Pl. III, *fig.* 1 à 9.

circonstances du travail au buddle, mais son mode d'action est si spécial que quelques explications sont dès à présent indispensables à l'intelligence des formules de traitement.

Comme dans tout appareil à courant d'eau, la séparation des matières se fait au buddle en mettant en jeu la *différence de mobilité* des grains. Mais tandis qu'au caisson, au square et au round buddle, à la frame, etc., les sables se déposent selon cette mobilité, ici rien ne s'arrête sur le plan incliné.

La pente du plan est fixe et l'eau est admise en nappe assez forte pour qu'aucun grain (même le plus gros grain de galène) ne reste immobile ; en sorte que si, à un moment donné, on arrêtait la marche du râteau, toute la charge du plan descendrait en quelques instants dans les boîtes inférieures.

Les vingt et un râbles égaux que compte le râteau sont disposés obliquement par rapport à la ligne de plus grande pente ; le chargement se fait par l'angle supérieur à la droite du plan, les produits se déversent incessamment, à la gauche dans les boîtes n° 1 et n° 2, et à la base dans les boîtes n° 3 et n° 4.

La trajectoire d'un grain est une ligne en zigzag formée de deux séries d'éléments rectilignes ; à chaque oscillation du râteau, le grain en arrivant au contact d'un râble ascendant se trouve remonté et poussé à gauche jusqu'à ce qu'il lui échappe ; une fois libre, c'est-à-dire pendant chaque intervalle qui s'écoule entre deux contacts, il descend selon la pente du plan.

Les matières sur le buddle sont ainsi alternativement soumises à l'impulsion de l'eau seule ou à celles combinées de l'eau et du râteau. Les éléments de trajectoire parcourus sous l'influence des râbles sont *a peu près* identiques pour des grains de nature différente ; au contraire, pendant la période de liberté, la mobilité plus ou moins grande détermine la longueur relative de l'élément décrit dans le sens

de l'inclinaison. Si, au lieu de la trajectoire en zigzag nous considérons sa direction d'ensemble, cette ligne fera avec la tête du plan un angle ayant pour sommet le point d'admission, et cet angle, variable théoriquement de 0° à 90°, est d'autant plus aigu que le grain est moins mobile : c'est pourquoi la richesse des produits va en décroissant de la boîte n° 1, opposée au chargement, à la boîte n° 4 située à la base et à la droite du plan.

La *mobilité* varie en sens inverse du *volume* et de la *densité* et dépend de la *forme*; examinons ici l'influence de ces trois éléments. La forme qui résiste le mieux à l'entraînement est celle de la galène dont le clivage donne des cubes et surtout des prismes aplatis (*), la grande base repose sur le plan et la petite section se présente au choc des filets fluides. Les grains de blende et de gangue ont au contraire des formes polyédriques semblables à celles des fragments cassés au marteau et *roulent* plus facilement sur le buddle; d'autant mieux que le roulement sur la *surface du bois*, toujours mise à nu par l'action du râteau, est bien plus aisé que sur les dépôts sableux qui garnissent dès le début le fond des appareils ordinaires.

En valeur absolue, la pente (environ 8 centimètres par mètre) est forte ; les grains de gangue arrondis, même ceux qui sont gros, peuvent être regardés comme très-mobiles. Poursuivons l'étude de la mobilité sur le buddle en recourant à quelques hypothèses.

Supposons que l'on passe au buddle des sables *parfaitement classés* et comprenant un mélange : galène A, blende B, grains galène, blende et gangue engagée C, enfin gangue libre D. Ces quatre qualités se rendraient respectivement aux quatre boîtes de l'appareil ; la boîte n° 1 con-

(*) Il s'agit ici de grains de dimensions appréciables et non des petites lamelles de galène qui, lors du lavage des slimes, flottent à la surface des eaux boueuses.

tiendrait de la galène A, la boîte n° 4 de la gangue D; les boîtes n° 2 et n° 3 seraient seules un peu moins nettement remplies; ainsi au n° 2 on trouverait A, B et C, et au n° 3 B, C, D.

Dans cette hypothèse d'un classement de grosseur très-soigné, la seule cause de perturbation inhérente au mode de travail et empêchant les matières de se répartir *rigoureusement* d'après la densité, sera la rencontre des grains de nature différente; c'est pourquoi quelques grains riches descendront et quelques grains pauvres monteront à la qualité voisine. L'inconvénient pratique résultant de la rencontre des grains dans leurs mouvements n'est point particulier au buddle; mais par suite de la grande puissance d'entraînement que l'appareil met en jeu, cet inconvénient deviendrait capital si on voulait dépasser la limite d'activité, c'est-à-dire si l'on poussait le chargement de manière à couvrir le plan incliné d'une *couche* de sables en mouvement; entre chaque oscillation du râble il y aurait *débâcle* du dépôt; tout effet utile serait supprimé.

Supposons que l'on passe au buddle de la galène, en gros sable ou en grenailles. Si la matière est bien classée de grosseur, on pourra la recueillir à peu près entièrement aux boîtes n° 1 et n° 2. Si elle est très-mal classée, les parties les plus mobiles, petits grains irréguliers pouvant rouler, petites lamelles susceptibles de flotter, descendront seules aux boîtes inférieures.

Supposons qu'au lieu de galène on charge, tout en maintenant la même quantité d'eau, un sable quartzeux; rien n'arrivera aux boîtes n° 1 et n° 2. Si la matière est mal classée, les dépôts recueillis aux boîtes n° 3 et n° 4 ne le seront pas mieux.

En résumé le buddle a été construit et fonctionne de manière que la *différence de mobilité* y résulte avant tout de la *différence de densité*. Les matières légères y sont toujours mobiles; le fin léger est mobile par suite de son faible vo-

lume ; le gros à cause de sa forme et malgré son volume.

La galène qui se trouve entraînée aux boîtes n° 3 et n° 4 sera soit très-fine, soit en grains avec boue pauvre adhérente, soit principalement engagée dans la gangue.

En fait les matières traitées à Frongoch sont des plus complexes comme nature et grosseur des grains, mais les explications précédentes permettront de comprendre l'état des dépôts recueillis aux quatre boîtes et les raisons des opérations qu'elles subissent aux *appareils collaborateurs* du Lisburne buddle. Ces appareils sont : les cribles à main à fond de cuivre S', les cribles à main à sept trous en fil de fer S, les cribles à bras à six trous V et à cinq trous U; enfin le classeur à jet d'eau R.

Examinons les divers traitements applicables aux quatre boîtes.

Boîte n° 1.

La *boîte* n° 1 constitue souvent du minerai marchand : par exemple quand on passe les têtes riches des canaux du broyage. Dans le cas contraire le dépôt est assez riche pour être achevé sur un crible S'. La masse du fond de crible est marchande, les écumes et la petite quantité retirée de la cuve repassent au buddle.

Boîte n° 2.

La boîte n° 2 est traitée au crible S', toutes les fois que la précédente est bonne pour la vente. Dans le cas contraire elle repasse au buddle.

Sur le crible S', la boîte n° 2 donnera : une écume pour le buddle : une écume de fond, blende marchande : un fond, minerai de plomb marchand et un dépôt de cuve pour le buddle.

Boîte n° 3.

La boîte n° 3 ne repasse au buddle que si les matières traitées sont riches. Presque toujours elle est envoyée au clas-

seur. En général la teneur de cette boîte est voisine de celle des sables admis, mais le minerai dense y est soit fin soit engagé dans la gangue ; le stérile s'y trouve gros et fin.

La plus grande utilité du classeur résulte de son effet débourbeur ; on y obtient :

Classeur R.

Première caisse : gros sable va au crible à bras.
Deuxième caisse : sable moyen repasse au buddle.
Sables fins et eaux boueuses, s'écoulent à l'atelier inférieur.

Le classement de grosseur est défectueux ; un trommel serait beaucoup plus efficace et il y aurait grand avantage à faire intervenir un ou plusieurs appareils de cette espèce en ce point de l'atelier.

Quant au criblage des gros sables R_1 il est conduit comme pour les matières provenant de la boîte n° 4.

Boîte n° 4.

Dans le cas où l'on passe au buddle des dépôts de cuve déjà très-riches la boîte n° 4 est encore assez bonne pour faire retour à l'appareil : ce nouveau travail donnera une boîte n° 4 d'un grain assez fin et en quantité assez minime pour qu'il y ait avantage à la traiter au crible à main à 7 trous. Mais dans les conditions ordinaires la boîte n° 4 va directement aux cribles à bras à 6 ou à 5 trous, choisis selon le grain des matières mais fonctionnant parallèlement. On y travaille comme pour le menu de mine (voir U et S, § 1 II). On a :

Cribles U *ou* V *traitant la boîte n°* 4 *et le gros sable* R_1 *du classeur.*

1° Écumes. . . . . rejetées comme stériles.
2° Écumes. . . . . vont aux petits cylindres broyeurs.
3° Fond de crible. . . . . . . va au crible à main à 7 trous.

4° Cuve du crible. . . . . . . repasse au buddle.

Crible à main à 7 trous S, traitant les fonds des cribles à bras, ou quelques dépôts de la boîte n° 4.

1° Écumes. . . . . vont aux petits cylindres.
2° Écumes (s'il y a lieu). . . . retournent aux cribles à bras.
3° Fond de crible. . . . . . . MINERAI MARCHAND.

4° Cuve du crible. . . . . repasse au buddle.

Les trois tableaux suivants résument les principales circonstances du traitement des grenailles et sables envoyés au buddle.

Destinations que peuvent recevoir les 4 boîtes du Buddle.

N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.
Minerai marchand.	Crible à fond de cuivre.	Lisburne Buddle.	Lisburne Buddle.
Crible à fond de cuivre.	Lisburne Buddle.	Classeur à jet d'eau.	Crible à 7 trous.
»	»	»	Crible à 5 ou 6 trous.

Résumé du travail des cribles.

Cribles à fond de cuivre : Finisseurs des boîtes N° 1 et N° 2.	
Cribles à main à 7 trous : Finisseurs partiels des fonds de cribles à bras.	Donnent des cuves pour le Lisburne Buddle.
Cribles à 5 et à 6 trous : Écartent le stérile et les écumes à broyer.	

Nature et issues des produits.

NATURE.	MINERAI MARCHAND.	ÉCUMES A BROYER.	STÉRILE.
Issues.	Lisburne Buddle. Boîte N° 1. Cribles à fond de cuivre. Cribles à 7 trous.	Cribles à bras à 5 et 6 trous. Cribles à main à 7 trous.	Premières écumes des cribles à bras à 5 et 6 trous.

J'achèverai de préciser le rôle et l'emploi du Lisburne buddle en donnant l'énumération des matières qu'il reçoit et la formule détaillée du traitement appliqué à l'une d'elles prise pour exemple.

Énumération des matières admises ou faisant retour au Lisburne buddle.

Tête de canal ou de tye T_1 provenant des cuves du criblage à 4 trous du menu de mine.
Têtes plus ou moins riches des canaux du broyage.
Cuves des cribles à 5, 6 et 7 trous et à fond de cuivre.
Écumes des cribles à fond de cuivre.
Sables de la seconde caisse du classeur à jet d'eau.

Boîte n° 2; cas de matières peu riches } d'une première opération au Lisburne buddle.
Boîtes n° 3 et n° 4; cas de matières riches } d'une première opération au Lisburne buddle.

Formule du traitement appliqué aux têtes T_1 du canal Tye. — Les têtes du canal T qui reçoit le dépôt des cuves du criblage à 4 trous du menu de mine, sont des matières mal classées, de teneur et de composition moyenne, très-propres à donner une idée des procédés le plus fréquemment suivis. Les gros grains y atteignent 5 millimètres ; la masse varie de 2 à 4 ; il y a notablement de fin et de grains boueux. La blende s'y trouve à peu près dans la même proportion que dans le minerai de plomb blendeux, dit de seconde qualité. Le premier passage au Lisburne buddle donne :

Lisburne buddle P, traitant la tête T_1.

Boîtes.	Destinations.
N° 1	va au crible à main à fond de cuivre.
N° 2	repasse au Lisburne buddle; opération P'.
N° 3	va au classeur à jet d'eau R.
N° 4	va au crible à bras à 5 trous.

Suivons chacune des boîtes :

Boîte P_1. — Crible à main à fond de cuivre traitant P_1.

1° Écumes. . . . . → } vont respectivement au Lisburne buddle avec des sables analogues.
2° Fond. MINERAI MARCHAND.
3° Cuve. . . . . → } vont respectivement au Lisburne buddle avec des sables analogues.

Boîte P_2. — Lisburne buddle P' traitant la boîte P_2

Boîtes. **Destinations.**
N° 1 Galène; MINERAI MARCHAND.
N° 2 Blende et galène; va au crible à main à fond de cuivre.
N° 3 va au classeur R.
N° 4 va au crible à main à 7 trous.

Crible à main à fond de cuivre traitant P'_2.

1° Écumes. . . . . . . repassent au Lisburne buddle pour blende.
2° Écumes de fond. . . *Blende marchande.*
3° Fond. . . . . Galène; MINERAI MARCHAND.
4° Cuve. . . . . Galène et blende, repasse au Lisburne buddle.

Il est inutile de suivre plus loin les boîtes P'_3 et P'_4; je reviens à la :

Boîte P_3. — Classeur R passant P_3.

1° Gros sable, allant aux cribles à 5 trous U (voir T_3, § 1, II).
2° Sable moins gros repasse au Lisburne buddle.
3° Sable fin et boues, vont déposer à A_3, puis aux grands slime pits B_1 à B_4.

Boîte P_4. Cette boîte est traitée comme R_1; elle donne au criblage à bras les divisions précédemment indiquées.

Il serait superflu de multiplier les exemples détaillés du traitement, mais il est bon de signaler quelques variations caractéristiques.

Lorsqu'on passe au buddle des *cuves riches*, les boîtes n°s 2, 3 et 4 sont assez bonnes pour faire retour à l'appareil; cependant la boîte n° 1 n'est pas prête pour la vente; l'état boueux des matières admises exige qu'on finisse la boîte n° 1 sur le crible à main.

Au contraire les têtes des *canaux du broyage* des minerais de première et de deuxième qualités donnent immédiatement au buddle une première boîte de minerai marchand.

Le travail de la *blende seule*, retirée des canaux, conduit aussi du premier coup à de la blende marchande.

Enfin la qualité *blende et galène* envoyée au buddle sous

la forme de dépôt de cuve des criblages préliminaires du *black and ore* broyé, peut être considérée comme tout à fait analogue à la boîte P_2 de la formule que je viens de développer.

On peut dès à présent apprécier les services du Lisburne buddle à Frongoch ; j'insisterai dans le chapitre suivant sur les conditions économiques du travail, mais je ne crains pas d'avancer que cet appareil judicieusement employé pourra et devra être appliqué avec succès au lavage d'un grand nombre d'espèces minérales.

Tableaux résumant les principales divisions du travail et les formules de traitement.

TABLEAU N° 5. Opérations avant broyage.

TABLEAU N° 6. Traitement des minerais broyés de première et de deuxième qualité. — Exemples de traitement au Lisburne buddle.

ATELIER DE FRONGOCH.

TABLEAU N° 5.

OPÉRATIONS AVANT BROYAGE.

ATELIER DE FRONGOCH.

Tableau n° 5. — *Opérations avant Broyage.*

I. Débourbage, Classement de Grosseur, Triage et Cassage du Minerai sortant.

Minerai sortant. ↓ *Trémies* A. ↓ *Grille à Eau* 1" 1/2 B	1° Dessus glisse à la *Table de Triage*. . . . C	1° Gros fragments vont au *Cassage et Triage*. . . . D	1° Minerai de 1re qualité.	*Best.*	Tous les produits utiles des triages vont séparément aux *Grands Cylindres Broyeurs* L. § 2.
			2° Minerai de 2e qualité.	*Second.*	
			3° Blende et Galène. . .	*Black and Ore.*	
			4° Blende sans galène. .	*Black Jack.*	
			5° Stérile.	*Waste* . . . . →	Le Stérile des Triages est emmené aux Remblais par le Railway γγ'.
		2° Fragments de moyenne grosseur triés sur la Table. C	1° Minerai de 1re qualité.	*Best.*	Tous les produits utiles des triages vont séparément aux *Grands Cylindres Broyeurs* L. § 2.
			2° Minerai de 2e qualité.	*Second.*	
			3° Blende et Galène. . .	*Black and Ore.*	
			4° Stérile.	*Waste* . . . . →	Le Stérile des Triages est emmené aux Remblais par le Railway γγ'.
	2° Dessous passe au *Trommel* 1" E	1° Fragments passant outre vont à la *Table circulaire*. . . . . . F	1° Qualité riche.	*Prills.*	Tous les produits utiles des triages vont séparément aux *Grands Cylindres Broyeurs* L. § 2.
			2° Qualité moyenne. . . .	*Dradge.*	
			3° Blende.	*Black Jack.*	
			4° Stérile.	*Waste* . . . . →	Le Stérile des Triages est emmené aux Remblais par le Railway γγ'.
		2° Menu traversant les mailles, arrêté au *Catch Pit*. . . . . G	Menu de mine.	*Small*	§ 1. II.
		3° Eaux boueuses.			

Suite du Tableau précédent.

II. TRAITEMENT DU MENU DE MINE.

MENU DE MINE. ↓ *Crible* à 4 trous H

- 1° Premières Ecumes; elles sont regardées comme. . . . . Stérile, emmené aux remblais par le railway εε'.
- 2° Deuxièmes écumes : qualité *Dradge* } vont séparément aux. . . . . *Grands Cylindres Broyeurs* L. § 2.
- 3° Fond de crible : qualité *Prills*. . . . }
- 4° Cuve du crible; les matières retirées de la cuve sont jetées dans une rigole et entraînées par l'Eau E_3 au. . . . . *Canal-Tye* T.

Cuve du *Crible* à 4 tr. H_4 ↓ *Canal-Tye* T

- 1° Tête va au *Lisburne Buddle* P (Voir au Tableau n° 6).
- 2° Milieu repasse à la Tye.
- 3° Queue va au *Crible* à 5 tr. U
  - 1° Ecumes regardées comme. . . . . Stérile, emmené par le railway νν'ν''ν'''.
  - 2° Ecumes pour *Petits Cylindres* L'.
  - 3° Fond va au *Crible à main* à 7 trous. . . . S
    - 1° Écumes vont au *Crible* à 5 trous U
      - 1° Ecumes pour *Petits Cylindres* L'.
      - 2° Fond de crible riche. MINERAI LAVÉ.
      - 3° Cuve va au *Lisburne Buddle*.
    - 2° Fond de crible riche. . . . . MINERAI LAVÉ.
    - 3° Cuve va au *Lisburne Buddle*.
  - 4° Cuve va au *Lisburne buddle* P.
- 4° Eaux boueuses vont à l'Atelier d'en bas déposer leur sable fin au *Canal* A_1, puis les Boues aux *Slime Pits* B.

ATELIER DE FRONGOCH.

TABLEAU N° 6. — § 1. II (*suite*). — *Exemples d'opérations au Lisburne Buddle* P.

Tête du canal-tye T_1 traitée au *Lisburne Buddle* P	Boîte n° 1 va au *Crible à main* (fond de cuivre) S′	1° Ecumes repassent au *Lisburne Buddle*.			
		2° Fond riche.			MINERAI LAVÉ.
		3° Cuve (très-peu) repasse au *Lisburne Buddle*.			
	Boîte n° 2 repasse au *Lisburne Buddle*. . . P′	Boîte n° 1. Galène riche.			MINERAI LAVÉ
		Boîte n° 2. Blende et Galène; *Crible à main*. . . . . S′	1° Ecumes repassent pour Blende au *Lisburne Buddle*.		
			2° Ecumes de fond.		BLENDE LAVÉE.
			3° Fond riche.		MINERAI LAVÉ.
			4° Cuve repasse pour Blende et Galène au *Lisburne Buddle*.		
		Boîte n° 3 va au *Classeur* R.			
		Boîte n° 4 va au *Crible à main* à 7 trous S.			
	Boîte n° 3 va au *Classeur à jet d'eau*. . . . R	1° Gros sable va au *Crible* à 5 trous U, comme T_3.			
		2° Sable fin repasse au *Lisburne Buddle*.			
	Boîte n° 4 va au *Crible* à 5 trous. . . . . U,	est plus pauvre que T_3 mais traité de même.			
Cuve du Crible à 5 trous U_4 traitée au *Lisburne Buddle* P	Boîte n° 1 va au *crible à main* (fond de cuivre) S′	La matière initiale U_4 est déjà riche; la série des opérations faites au *Lisburne Buddle* donne pour derniers produits pauvres des Sables retirés de la Boîte n° 4; on les traite au *Crible à main* à 7 trous.			
	Boîte n° 2, Boîte n° 3, Boîte n° 4 repassent séparément au *Lisburne Buddle*.				

Suite du Tableau précédent.

§ 2. *Traitement des Matières broyées.*

I. Minerai de première qualité (*Best*) broyé aux Grands Cylindres L.

Le minerai a traversé un trommel à mailles de 3 trous sur 4; il est entraîné par un courant d'eau.

Minerai best broyé.
↓
Canaux de dépôt N
- 1° Tête du canal va au *Lisburne Buddle*
  - Boîte n° 1, galène riche. . . . . Minerai lavé.
  - Boîtes n°s 2, 3 et 4. Traitements divers.
- 2° Milieu du Canal va au *Lisburne Buddle*; traitement analogue à celui de T_1. § 1. II.
- 3° Queue du Canal et Boîte vont au *Crible* à 5 trous U; traitées comme T_3.

II. Minerai de seconde qualité (*Second*) broyé aux Grands Cylindres L.

Après le premier trommel de 3 trous sur 4, le Minerai entraîné par l'eau traverse un second trommel à 5 trous.

Minerai second broyé.
↓
Trommel à 5 trous.
- 1° Gros passant outre, tombe à une *Catch Box*, d'où il est porté au *Crible* à 5 trous U.
- 2° Fin traverse les mailles, coule aux *Canaux*. . . . . Nα
  - 1° Tête du Canal va au *Lisburne Buddle*, dont la Boîte n° 1 est du. . . . . Minerai lavé.
  - 2° Queue du Canal et Boîte vont au *Crible* à 5 trous U.

CHAPITRE III.

Description et travail des appareils.

L'étude complète des appareils employés aux mines de Lisburne exigerait de longs développements ; nous n'examinerons ici avec détail que les plus caractéristiques ; notamment la série d'appareils placés en tête pour la réception, le débourbage, le classement de grosseur et les triages du minerai sortant, le welsh buddle ou caisse galloise et le Lisburne buddle.

Relativement aux cylindres broyeurs et aux cribles nous donnerons seulement les dimensions principales, les éléments essentiels du travail et quelques dispositions spéciales ; la description de ces deux genres d'outils, tels que les Anglais les ont adoptés, trouvera sa véritable place dans un Mémoire ultérieur sur la préparation des minerais de cuivre dans le Cornwall.

Quant aux bocard, round buddle, buddle carré, caissons et cuves j'ai eu déjà occasion de les décrire en traitant de la préparation des minerais d'étain et je me bornerai à quelques détails de construction et indications sur le travail qu'ils exécutent.

I. *Appareils pour la réception, le débourbage, le classement de grosseur et les triages.*

Les figures 1 et 2, Pl. II, représentent l'un des deux appareils placés parallèlement en tête de l'atelier de Frongoch.

La trémie (slide) est une cuve en maçonnerie semi-elliptique ; le fond est un plan incliné solidement pavé vers le haut et planchéié à sa base pour faciliter le glissement du minerai. La voie ferrée qui surmonte les trémies aboutit de chaque côté à un puits d'extraction : les wagons remplis aux recettes viennent culbuter leur chargement entre les rails au centre de la cuve.

Les dimensions intérieures sont :

Largeur perpendiculairement aux rails		9′	= 2m,74
Longueur	en tête	12′	= 3m,65
	à la grille	4′	= 1m,22
Profondeur	en tête	1′ 6″	= 0m,45
	à la grille	4′ 6″	= 1m,37

La paroi verticale du côté de la grille est un mur de 0m,60 d'épaisseur percé d'une ouverture rectangulaire; au travers de cette porte on dispose le cadre incliné sur lequel est placée la grille en fonte. Les bois ont 5″ sur 6′ (0m,12 sur 0m,15); de forts boulons relient les côtés horizontaux qui mesurent 5′ = 1,52; l'un est engagé dans la maçonnerie, l'autre vient porter sur la table de triage.

Grille en fonte (grate). La grille de Frongoch a 1m,06 sur 0m,76; l'intervalle des barreaux est de 0m,038.

Celle de Level Fawr (*fig.* 3, Pl. II) mesure :

Longueur	3′ 6″	= 1m,066
Largeur	2′ 3″	= 0m,684
Epaisseur	3″	= 0m,076

Elle compte 10 barreaux à section trapézoïdale :

		Barreaux.	Intervalles.
Largeur	à la face supérieure	1″ 1/4 = 0m,0317	7″/8 = 0m,0222
	à la face inférieure	1″/2 = 0m,0127	1″ 5/8 = 0m,0411

La grille est en outre renforcée par trois traverses venues à la fonte et dont l'épaisseur n'est que de 1″ 1/2 = 0,038 de manière à ne point gêner le glissement des blocs. Deux planches sur champ forment les parois du couloir.

Table pour le triage gros (table for picking rough).— Cette table en forts madriers est garnie à la surface de deux feuilles de tôle; ses dimensions sont :

Largeur suivant l'axe de l'appareil	6′ 6″	= 1m,98
Longueur	8′	= 2m,44
Hauteur	2′ 6″	= 0m,76
Du sol du triage au niveau des rails on compte	8′	= 2m,44

Les deux appareils de réception de Frongoch sont distants de 8 pieds d'axe en axe de façon qu'entre les bords intérieurs des deux tables de triage gros il reste aussi 8 pieds, espace suffisant pour placer à terre quatre civières à bras. Devant les tables est ménagé un passage de 4' = 1^{m},22 pour la circulation des porteuses.

Les fragments qui ont traversé la grille tombent dans une *rigole* en fonte où l'eau les entraîne. Cette rigole est demi-cylindrique, elle a 10" = 0^{m},25 de large et une épaisseur de 2" = 0^{m},05 vers le fond.

Trommel (griddle). Le trommel qui sépare le menu de mine d'avec les fragments du triage fin, a :

	Frongoch.	Level Fawr.
Longueur totale.	5' 3" = 1^{m},600	5' 0" = 1^{m},524
Diamètre des manchons en tôle.	1' 6" = 0^{m},457	1' 7" = 0^{m},482

Il est très-solidement construit (*fig.* 4, Pl. II).

Le châssis se compose de deux croix de fer dont les bras sont rivés sur deux cercles ; ceux-ci portent quatre génératrices sur lesquelles sont également rivés deux autres cercles.

Voici comment on le garnit : la toile en fil de fer (*) est enroulée et attachée en divers points, on introduit alors les deux manchons en tôle, légèrement coniques et longs de 0^{m},30, puis on maintient le tout à l'aide de quatre petits bois posés à l'extérieur en regard des génératrices du châssis : chaque bois est couvert en dehors d'une bande de fer et tenu en place par quatre boulons (voir la coupe AB).

(*) Les toiles en fil de fer sont achetées à Aberystwith à raison de 1 sh. 6 d. par pied quarré, soit 20^{f},20 par mètre quarré pour tout échantillon. On consomme aux ateliers des toiles de diverses numéros : 3 trous sur 4, 6, 9, 12 et 25 trous. Celle de 7"/8 employée pour le trommel de Level Fawr est faite avec du fil de 1"/8 = 0^{m},0031 ; elle mesure 5' 9" sur 3' 10" (= 1^{m},75 sur 1^{m},17), soit 22 pieds quarrés. Elle coûte 1 liv. 13 sh. = 41^{f},25 et dure deux mois : les manchons en tôle servent six mois.

L'arbre du trommel a 2" = $0^m,05$ de côté et environ 2 mètres de longueur; les paliers sont fixés aux petits côtés d'un cadre en bois de 4" = $0^m,101$ qui forme le bord de l'auge en planche où tombe le menu. Au fond de l'auge est une rigole en fonte disposée comme la précédente.

Les figures 1 et 2 donnent une idée du mécanisme conducteur; les petits arbres sont en fer rond de 38 millimètres; les bois ont 10 centimètres; les conditions de marche sont les suivantes :

	Frongoch.	Level Fawr.
Nombre de tours par minute	40	25 à 30
Inclinaison de l'arbre	1/16	1/12

Table rotative pour le triage fin (rotary table for picking small). — La table est circulaire, elle a 10' = $3^m,05$ de diamètre; sa hauteur au-dessus du sol est de 20" = $0^m,508$ à Level Fawr et de 22" = $0^m,558$ à Frongoch. La surface est plane (la forme conique aurait pour inconvénient de projeter l'eau sur les trieuses), elle est garnie de feuilles de tôle.

Le minerai trié est jeté à mesure dans des boîtes posées sur le sol à côté des petites ouvrières; on sait que chacune d'elles n'a qu'une seule qualité à faire.

A Level Fawr la table tourne à la main; à Frongoch le mécanisme donne un tour en cinq minutes, soit à la circonférence une vitesse par seconde de $0^m,032$ seulement.

La différence de niveau du triage fin au triage gros est de 4' = $1^m,22$.

Consommations et production. — Les deux appareils de Frongoch, comportant deux trommels et deux tables rotatives, sont conduits par une roue de côté de 16' de diamètre et 2' de largeur.

A Level Fawr une roue à augets de 9' sur 1' suffit pour les deux trommels. L'eau motrice vient au sortir des roues servir au débourbage puis à l'entraînement des matières. On peut admettre que chaque grille reçoit environ 200

litres d'eau par minute; les pentes parcourues successivement par le minerai brut et les minerais classés sont :

Parties de l'appareil.	A Level Fawr. Pentes.	A Frongoch. Pentes.
Fond de la trémie	1/2	1/2
Grille en fonte	1/3	1/5
1re rigole	1/6	1/6
2e rigole	1/8	1/6

Le personnel comprend pour chaque appareil :

1 Fort gamin debout sur la table devant la grille ; il amène à l'aide d'un rable les blocs et le minerai moyen à la portée des trieuses.

4 Trieuses, fortes filles placées deux à deux sur les côtés de la table ; elles travaillent debout et se tiennent entre les bras des civières qui sont rangées perpendiculairement au mur.

4 Trieuses, petites filles ; elles aussi travaillent debout et sont espacées autour de la table rotative.

Pour le transport les 8 grandes trieuses des deux appareils sont aidées par 2 ouvrières spéciales. Tous les produits se trouvent répartis soit au stérile (voir le croquis Pl. I, *fig.* 2), soit à la halle de cassage et de dépôt des minerais prêts pour le broyage.

Le cassage à la masse n'exige à Frongoch que quatre hommes ; en laissant de côté cet élément variable avec la nature des minerais et la méthode adoptée, on voit que la dépense de main d'œuvre aux appareils, transport compris, s'élèvera pour une journée à 15 fr. 30 environ.

2 gamins... } 10 filles... }	à 9 d.	9sh 0d = 11fr,25
8 petites filles	à 5 d.	3sh 4d = 4fr,15
	Total	15fr,30

Lorsque le travail est actif on peut recevoir dans ces conditions 80 tonnes de minerai par journée de 10 heures. D'après l'extraction annuelle de Frongoch et en comptant 300 journées de travail sur l'atelier, il arriverait en moyenne

63 tonnes de minerai chaque jour : on peut déduire comme limites des *frais de main-d'œuvre par tonne de minerai sortant* 0f,191 et 0f,243, soit en nombres ronds 0f,20 à 0f,25 (*).

II. *Cylindres broyeurs.*

Les cylindres broyeurs (*crushers*) des ateliers de Lisburne sont convenablement installés, mais le Cornwall possède des types plus perfectionnés de ce genre d'appareil.

(*) J'ai représenté Pl. II, *fig.* 6, la masse de cassage de Level Fawr. Cette masse (*spalling hammer*) est en fer aciéré aux deux bouts; elle pèse 3 1/2 lbs = 1040 grammes. Sa longueur est de 10" = 0m,254, la section du fer vers les extrémités a 1" 1/2 = 0m,038. Le manche mesure 3' = 0m,914; sa largeur vers l'outil est de 2" 1/2 = 0m,063 et au petit bout 1" 1/2 = 0,038. On casse gros et le minerai n'est pas très-résistant; en sorte qu'avec des hommes dont la journée ressort à environ 2f,00, la tonne cassée coûte de 0f,50 à 0f,55.

La *fig.* 5 donne la disposition du wagon de roulage, (*tram waggon*) de la grande galerie de Level Fawr.

Caisse en tôle.	
Longueur. . . . . . 5' 6" = 1m,676	La tôle a 1"/4 = 0m,0063 d'épaisseur; sur les bords de la caisse sont rivées des baguettes de fer demi-cylindriques de 1" 3/4 = 0m,0443 de largeur.
Largeur. . . . . . . 1' 10" = 0m,558	
Profondeur. . . . . 1' 7" = 0m,482	

Les tôles sont assemblées par des cornières rivées à l'intérieur. Le châssis se compose de deux chevrons de 6" sur 4" (= 0m,15 sur 0m,10) reliés par deux entretoises en fer avec boulons.

La caisse est fixée au châssis par les huit boulons qui attachent les paliers; les roues sont en fonte et à boudin extérieur; leur plus grand diamètre est de 15" = 0m,385. L'essieu antérieur est à 3" = 0m.076 seulement en avant du plan médian de la caisse; lorsque la porte est ouverte, il est facile au rouleur de culbuter la charge en soulevant le wagon par l'arrière. Le wagon vide pèse 8 cwts. = 406 kilogrammes; il cube 4 1/2 hectolitres et peut charger 875 à 900 kilogrammes du minerai de Logylas à la teneur de 20 à 25 p. 100 de galène.

La voie a 2'6" = 0m,762; les rails à patin pèsent 36 lbs. par yard soit 17k,851 grammes par mètre courant de rail.

Du fond de la galerie aux trémies on compte 700 mètres; le roulage coûte à l'entreprise 3 *d.* par wagon; soit pour une tonne à 100 mètres T^{100} = 0f,051.

Je donne ici les dimensions principales et les conditions de marche des grands cylindres des deux ateliers en insistant sur les dispositions adoptées pour la reprise par l'eau des minerais broyés. J'ajoute quelques indications sur les petits cylindres de Frongoch.

Grands cylindres. — Les deux cylindres sont égaux ; le cylindre conducteur (*driving roller*) est situé dans l'axe de la roue motrice et participe à sa rotation ; le cylindre conduit reçoit son mouvement d'engrenages plans placés sur les prolongements des arbres du côté opposé à la roue hydraulique.

Les cylindres sont de forts manchons en fonte et mesurent :

Diamètre	27″ = $0^m,684$
Largeur	15″ = $0^m,385$
Epaisseur	4″ = $0^m,101$

La paire de cylindres neufs pèse 21 cwts = 1.066 kilos ; la fonte a été payée à raison de :

	1855	1860
Prix par cwt.	$10^{sh},00$	$8^{sh},11^{d}$
Prix par 100 kilos	$24^{fr},46$	$21^{fr},95$

Au bout de trois mois de service l'épaisseur étant réduite à 4 ou à 5 centimètres les cylindres sont mis au rebut.

L'arbre en fer de chacun d'eux a 7″ = $0^m,178$ de diamètre, ses tourillons ont 6″ = $0^m,152$ de diamètre et 7″ = $0^m,178$ de longueur. Sur l'arbre est calé un premier manchon ou noyau en fonte de 5″ = 0,127 d'épaisseur, qui est lui-même rendu adhérent avec le cylindre.

L'arbre du cylindre conducteur a 5′4″ = $1^m,62$ de longueur ; il est relié, d'un côté, à l'arbre de la roue hydraulique qui supporte à l'intérieur du bâtiment la roue élévatrice à godets, de l'autre à un petit arbre de couche de 5″ = $0^m,127$ sur 6′ = $1^m,83$ portant l'engrenage conducteur et un engrenage moteur du trommel.

Le trommel a 5′ = $1^m,52$ de longueur totale, ce qui laisse

3′=0ᵐ,91 pour la toile en fil de fer à 3 trous sur 4. Le diamètre est de 2′=0ᵐ,61; l'arbre du trommel est incliné vers la roue élévatrice à raison de 4 de base pour 1 de hauteur.

La roue à godets (*raff wheel*) a 16′=4ᵐ,876 de diamètre; la couronne a dans œuvre 8″1/2 = 0ᵐ,215 d'épaisseur et 7″1/2 = 0ᵐ,190 de profondeur dans le sens d'un rayon. Sauf le flanc en fonte de 3′ = 0ᵐ,90 de diamètre et les cloisons et parois des godets en tôle, toute la roue est construite en bois; ses 8 bras ont 3″ 1/2 sur 5″ (= 0ᵐ,089 sur 0ᵐ,127), ils sont garnis de planches de 1″ = 0ᵐ,025. La jante a 2″ = 0ᵐ,05 d'épaisseur.

Les godets sont au nombre de 60; les cloisons en tôle sont poussées dans des traits de scie de 1″/2 = 0ᵐ,012 de profondeur pratiqués d'avance sur les deux anneaux de la jante; les cloisons sont planes et déversées des 2/3 de leur longueur dans le sens contraire à la rotation, et de 1/3 de leur largeur du côté de l'évacuation. Entre les cloisons, on cloue des tôles sur l'anneau du fond exposé au choc du minerai.

A Level Fawr, la roue hydraulique motrice a 30′ sur 3′, elle fait 6 à 7 tours par minute; telle est par suite la vitesse de la roue à godets et des cylindres; quant au trommel, l'engrenage est dans le rapport de 5 : 1; il reçoit 30 à 35 révolutions. La charge sur les deux leviers est d'environ 1 tonne et la pression effective totale sur les cylindres est à peu près 9 tonnes; les leviers sont calés de manière à laisser à vide un intervalle de 2 centimètres entre les cylindres. Un travail actif et continu de 10 heures permettrait de passer 35 à 40 tonnes de minerai tendre de Logylas; mais d'après les besoins de l'atelier on ne broie guère que 15 à 20 tonnes et par périodes irrégulières.

A Frongoch, la roue motrice de même dimension est menée un peu plus vite et donne 8 à 9 tours par minute; le minerai est plus dur et la pression effective s'élève à 11ᵗ,1/5; on broie de 30 à 35 tonnes par journée de 10 heures.

Reprise par l'eau des minerais broyés. — La *fig.* 17, Pl. III, est un croquis de rez-de-chaussée de la maison de broyage et des appareils de dépôt installés au dehors.

Le minerai qui a traversé les mailles du trommel à 3 trous sur 4 tombe dans une huche en planches dont le fond s'ouvre sur une rigole inclinée à 1/6 ; un fort courant d'eau entraîne incessamment les produits du broyage.

Lorsqu'on passe du minerai de première qualité, il se rend directement aux canaux, mais dans le cas où l'on broie les minerais de la deuxième qualité, on place sur leur parcours un petit trommel aisément maniable ; la toile est à 5 trous à Frongoch et à 6 trous à Level Fawr ; le gros est alors déversé dans une boîte spéciale et le fin va seul aux canaux.

Le trommel a 14" = 0m,355 de diamètre ; sa longueur totale est de 0m,90, celle de la toile de 0m,50 ; l'inclinaison est de 1/6. Le croquis indique la transmission de mouvement.

Le dépôt s'opère dans :

Deux canaux, dits tyes ; on y dirige alternativement les matières au moyen d'une planchette mobile à la main et placée en tête ;

Une boîte (box) dans laquelle aboutissent les deux canaux ; elle retient les grenailles pauvres qui en sont régulièrement retirées à la pelle et subissent ainsi un premier débourbage ;

Une caisse (pit) où déposent les sables ; le courant boueux se déverse au delà du pit dans la rigole qui le conduit aux bassins des boues ou slime pits. Les sables ne sont extraits de la caisse que pendant les interruptions du broyage.

Les canaux mesurent :

Longueur	12' = 3m,657
Largeur	18" = 0m,457
Profondeur	10" = 0m,254

Leur pente est de 1"/3 par pied, soit 2°,77 par mètre; on peut admettre que les canaux reçoivent 12 à 15 parties d'eau pour une partie de minerai.

Cet appareil de dépôt *à faible pente* et *forte proportion d'eau* n'utilise pas la *forme* des grains : les grenailles pauvres et volumineuses ne peuvent pas rouler dans le canal. La tête du dépôt est dure; elle retient la majeure partie de la galène et quelques gros fragments de gangue ; le milieu est formé de grenailles pauvres et stériles avec galène en grains très-fins. La longueur adoptée ici est parfaitement suffisante (*); les queues d'un canal trop long sont très-boueuses, en sorte qu'il est bien préférable d'avoir la box et le pit au moyen desquels les matières subissent à mesure un classement de grosseur.

Petits cylindres broyeurs de Frongoch.

Cylindres égaux	diamètre	18"	=	0m,457
	longueur	15"	=	0m,386
Trommel à 6 trous	diamètre	2'	=	0m,609
	longueur	4'	=	1m,219
	inclinaison	1/8		
Rigole pour la reprise par l'eau; pente		1/12		

Les cylindres font 8 à 9 tours par minute ; l'engrenage du trommel est dans le rapport de 11 à 1.

La pression est très-forte : on broie avec filet d'eau sur les cylindres; en 10 heures on passe 20 tonnes d'écumes

(*) A l'atelier de Trelawney, mine de plomb du Cornwall (1858), on broyait le minerai en mouches (dradge) à 4 trous; les canaux avaient 26' = 7m,92 de longueur sur 18" et 10". Le milieu et la queue du dépôt n'étaient pas mieux l'un que l'autre classés de grosseur et de richesse. Voici le résultat de l'essai par voie sèche des trois divisions :

	Longueur.	Teneur en plomb. p. 100.
Tête	3'	58,40
Milieu	6'	0,70
Queue	17'	néant (à l'essai)
Total	26'	

de cribles ; les produits du broyage sont en très-grande partie beaucoup plus fins que ne l'indiquerait la dimension des mailles du trommel.

III. *Cribles.*

A Frongoch, les cribles (*jiggers*) sont mus à bras tandis qu'à Level Fawr la force motrice est empruntée à une roue hydraulique ; sauf cette différence, les deux types d'appareils sont presque identiques ; les dimensions des organes essentiels sont les mêmes ainsi que le mode de criblage.

Les cribles mécaniques (*machine Jiggers*), au nombre de douze, sont répartis sur deux lignes et accolés deux à deux ; ils occupent (voir *fig.* 1, Pl. 1) les longs côtés d'un rectangle de 21 mètres sur 11 : chaque rangée est recouverte par un appentis de 3 mètres de large. La roue hydraulique a 12′ sur 3′ (3^m,65 sur 0^m,91) ; d'après sa position sur le flanc du coteau et en contre-bas du sol du criblage, la transmission est faite par trois paires d'engrenages coniques. L'arbre de couche a environ 30 mètres de longueur ; il est soutenu par 10 chevalets et porte à son extrémité un fort volant ; il fait à peu près 90 tours par minute. Pour chaque crible, une petite bielle décrivant un cercle de $6'' = 0^m,15$ de diamètre transmet au grand bras du levier une oscillation réduite à $4'' = 0^m,10$ par suite du jeu de 1″ ménagé en vue du choc. Les bras du levier ont respectivement 9′ et 1′ 6″ ; si l'on supposait les pièces rigides, l'excursion du crible serait de $1/6 \times 4'' = 2''/3 = 16^{mm}$; mais en tenant compte de l'élasticité, elle atteint environ 3 centimètres.

Le crible proprement dit est rectangulaire :

		mètres.
Longueur	3′6″ =	1,066
Largeur	2′0″ =	0,609
Profondeur jusqu'au fond de cuivre	7″ =	0,178

Trois barres de fer parallèles aux petits côtés soutiennent la feuille de cuivre.

Quand l'ouvrière veut soulever le crible pour procéder au chargement et à l'écumage, il lui suffit d'abaisser la queue d'un grand levier dont le petit bras se termine par un secteur avec chaîne de suspension.

Les feuilles de cuivre perforées employées aux mines de Lisburne n'ont pas moins de 1''/8 = 3mm,2 d'épaisseur; on a essayé d'abord des feuilles de 1''/16, mais elles étaient promptement fissurées. Un fond de cuivre de 1''/8 dure 10 années; ce qui par an et par crible n'entraîne que 5f,40 de dépense (*).

Le criblage anglais, véritable *tamisage enrichisseur*, a pour but essentiel d'accumuler dans la cuve (*hutch*) la masse des produits riches; aussi la cuve est-elle de grande dimension (*fig.* 13 à 16, Pl. III).

	A l'intérieur. mètres.	A l'extérieur. mètres.
Longueur.	5' 6'' = 1,676	6' 0'' = 1,829
Largeur.	4' = 1,219	4' 8'' = 1,421
Profondeur.	4' 3'' = 1,295	
Cube.	2.535 litres.	

La cuve est en partie enfoncée dans le sol; l'ouvrière se

(*) Voici le compte total des fonds de cuivre achetés de 1844 à 1860 pour les 28 cribles des deux ateliers :

DATES.	NOMBRE de feuilles.	ÉPAISSEUR.	PRIX par pied quarré.	PRIX par mètre quarré.	OBSERVATIONS.
1844	51	1''/16 = 1mm,6	3sh 2d	42f,50	
	6	. . . .	6sh 2d	82f,97	
1846	14	1''/8 = 3mm,2	6sh 6d	87f,45	Ces dernières feuilles étaient vendues perforées.
1850	26	. . . .	7sh 6d	100f,91	

Soit un total de 97 feuilles ayant coûté 4.882 francs.

D'après les dimensions des cribles, une feuille mesure 67 décimètres quarrés et coûte 67f,70. On peut admettre que la vente du vieux cuivre couvrira 1/5 du prix d'achat, d'où 54f,16, dépense par fond de crible.

tient sur une planche de 2″ = $0^m,05$ d'épaisseur : de la planche au bord de la cuve on compte 2′ 3″ = $0^m,684$. L'ouverture est rétrécie par des planches, les unes fixes, les autres mobiles et maintenues en position par des butoirs en fer qui servent en même temps de guides pour le crible ; la largeur de 4′ 8″ comprend ainsi :

Planches de l'avant.	8″	= 56″ = 4′ 8″.
Espace libre pour le crible.	26″	
Planches de l'arrière.	22″	

L'eau est fournie aux deux cuves accolées par un seul canal ; la cloison commune est percée de 4 trous de 1″ 1/2 = $0^m,038$ et d'une ouverture rectangulaire de 5″ sur 2″ 1/2 (= $0^m,127$ sur $0^m,063$) dont le bord supérieur est à 1′ = $0^m,305$ de celui de la cuve. Les figures 14 et 15 indiquent la disposition qui facilite la reprise du dépôt (hutch work). Lorsque les cuves sont jugées pleines, on retire les cribles et les planches mobiles, puis on décante l'eau plus ou moins claire en ouvrant successivement des trous ménagés à cet effet sur une des parois et fermés pendant le travail par des chevilles en fer. L'eau tombe dans un petit bassin latéral où s'arrêtent les sables fins, puis les grenailles ; ce bassin a :

	mètres.		mètres.
Longueur. . .	26″ = 0,660.	Distance du trou inférieur au fond de la cuve	12″ = 0,30
Largeur. . . / Profondeur.	15″ = 0,385.	Distance des trous extrêmes.	21″ = 0,53

Les boues fines en suspension s'écoulent en franchissant un déversoir de 6″ = $0,^m15$ et vont aux slime pits. On peut ensuite retirer les matières à la pelle tant du bassin que des cuves.

Je donnerai comme exemple de *criblage* le travail du menu de mine sur le crible à 3 trous.

Le tamis étant chargé, l'ouvrière le laisse osciller pendant 4 à 5 minutes ; elle enlève une première couche d'écumes stériles ; le mouvement est rendu au crible pendant 2 à 3

minutes : cette fois l'écumage sépare deux couches l'une de top skimmings très-mince et encore stérile, l'autre de bottom skimmings mise de côté pour le broyage : on recharge et l'on repasse par les mêmes opérations jusqu'à ce que sur le fond du crible les grenailles riches s'élèvent à environ 5 centimètres ; on retire alors ce bottom destiné aux petits cylindres.

Une fille payée 9 d. = $0^f,937$ passe par journée de 10 heures 6 tonnes de minerai ; soit pour *frais de main-d'œuvre* par tonne admise $0^f,156$. Après deux jours de travail on retire le dépôt de cuve qui varie de 3 à 5 tonnes selon la qualité du minerai criblé.

IV. *Caisson débourbeur.*

Le caisson débourbeur (*shaking trunk*) est représenté *fig.* 10, Pl. II.

		mètres.	
Auge ou plan incliné en tête ; il est garni d'une tôle. . .	Longueur. . .	5'0" = 1,524	Pente de 1"/2 p. 1', soit $4^c,17$ par mètre.
	Largeur. . . .	2'0" = 0,609	
Boîte.	Longueur. . .	2'6" = 0,762	
	Largeur. . . .	2'0" = 0,609	
	Profondeur. .	10" = 0,254 (au déversoir).	
Caisse allongée.	Longueur. . .	12'6" = 3,810	Pente de 1"/4 p. 1', soit $2^c,08$ par mètre.
	Largeur. . . .	3' = 0,914	
	Profondeur. .	1' = 0,305	

L'eau arrive en tête du plan incliné ; une ouverture latérale est ménagée dans la boîte ; pendant le travail cette ouverture est maintenue fermée par une trappe ; lorsque la caisse est remplie et que les ouvriers y reprennent les sables, la trappe est levée et laisse écouler l'eau claire. A l'extrémité de la caisse la fermeture consiste en un barrage à tasseaux ou une planche à chevilles. Au travers de la boîte une planchette transversale reçoit le choc des matières entraînées par le courant et détermine la précipitation des grenailles.

Le travail occupe deux ouvriers ; le chargeur est à cheval à la base de l'auge ; il prend à la pelle le minerai déposé en tas sur sa droite, le verse sur l'appareil et l'y remonte contre le courant d'eau : la pente (4^c,17 par mètre) et la proportion d'eau (3 à 5 parties d'eau pour 1 p. minerai) sont assez fortes pour déterminer à la fois un débourbage actif et un enrichissement très-notable. Lorsque la tête contient une certaine quantité de grenailles riches, l'ouvrier les met en tas sur sa gauche. Le second pelleteur est placé sur une planche auprès de la boîte, où il puise incessamment les gros sables. L'opération peut continuer jusqu'à ce que la caisse allongée soit pleine de sable fin.

Deux hommes peuvent passer 10 à 12 tonnes par jour ; les *frais de main-d'œuvre* par tonne sont de 0^f,15 environ.

V. *Tye.*

La tye est un appareil enrichisseur ; elle fonctionne comme le caisson allemand et n'en diffère que par l'installation (*fig.* 8, Pl. II). En tête est une boîte carrée de côté égal à la largeur du canal et dont le seul but est de régler l'arrivée de l'eau sous forme de nappe. La profondeur de la boîte est de $10'' = 0^m$,254 prise au déversoir ; celui-ci est incliné à raison de 1 de base pour 2 de hauteur. Une ouverture latérale avec trappe sert *pendant le travail* à limiter la force du courant. Selon le grain des matières, la proportion d'eau admise représente 2 à 4 p. pour 1 p. de sable.

		mètres.	
Largeur de la tye.	1' 10''	= 0,558	Pente de 1''/2 pour 1', soit 4^c,17 par mètre. Fond en tôle sur $6' = 1^m$,83.
Longueur au fond.	12'	= 3,657	
Profondeur.	1'	= 0,305	

L'ouvrier verse incessamment les matières à la pelle dans la nappe d'eau et égalise au besoin la surface du dépôt. La tête est tassée et dure, elle ne retient que les grains les moins mobiles : les gros grains pauvres roulent sur elle et

vont en queue avec tout le fin riche et stérile. Les queues de tye sont toujours très-mal classées de grosseur.

La tye peut être employée comme appareil finisseur pour de petits lots de minerai ; on y travaille alors à la pelle en remontant les matières comme on le fait sur l'auge du shaking trunk. Les *frais de main-d'œuvre* par tonne passée sont aussi d'environ $0^f,15$.

VI. *Welsh buddle (flat buddle, caisse galloise).*

Le welsh buddle est l'appareil finisseur d'où sort la majeure partie du minerai marchand de Level Fawr ; il est à la fois très-simple et très-efficace.

On peut distinguer deux parties : la table de travail et le bassin de dépôt des matières pauvres, *fig.* 9, Pl. II.

		pieds.	pouces.	mètres.	
Table.	Largeur.	12'	»	= 3,657	Pente de 1'',4 pour 1', soit $2^c,08$ par mètre.
	Longueur.	7'	»	= 2,133	
	Hauteur des bords.	»	7''	= 0,178	
Bassin.	Largeur dans le sens de l'axe.	4'	»	= 1,219	
	Profondeur vers le bas.	»	6''	= 0,152	

En tête règne un étroit plancher de $13'' = 0^m,329$ sur lequel se tient ordinairement l'ouvrière. L'eau arrive au milieu de la table par un déversoir large de $7'' = 0^m,178$ et élevé de $3'' = 0^m,076$; elle s'écoule par un second déversoir pratiqué dans un angle inférieur du bassin de dépôt.

Le rable est un demi-cercle en tôle de $1' = 0^m,305$ de diamètre ; le manche n'a pas moins de $6' = 1^m,83$.

L'ouvrière dispose le minerai sous forme d'un tronc de cône appuyé à la planche de tête (le tas est d'environ 8 cwts. ou 400 kilos) elle ouvre la trappe d'arrivée de l'eau qui s'écoule à raison de 50 à 60 litres par minute. L'eau détermine un ravinement énergique, puis s'étale sur la table dont la pente est très-faible ; les matières s'y déposent à des distances variables, selon leur mobilité et

bien peu sont entraînées jusqu'au bassin. Le travail comprend deux manœuvres alternatives; avec l'angle du rable l'ouvrière déplace successivement le sillon ou rigole que parcourt l'eau à sa sortie du déversoir, puis elle ramène au tas la galène étalée dans son voisinage et repousse au bassin les queues plus mobiles. Promener le sillon de la gauche à la droite du tas constitue une lavée et dure de 7 à 9 minutes. Selon l'état des matières traitées, l'opération exige 8 à 10 lavées et dure par suite de 1 heure à 1 heure 20 minutes.

Par journée de 10 heures une bonne ouvrière fait 7 à 8 opérations et passe environ 3 tonnes : les *frais de main-d'œuvre* par tonne admise ne s'élèvent qu'à $0^{f},30$ environ.

Le travail du welsh buddle résout élégamment une question délicate : Étant données des matières déjà riches en galène, de grains divers depuis les grenailles jusqu'aux gros sables, mais toujours très-mal classés de grosseur, en retirer d'un seul coup la grande majeure partie du minerai utile et amener le produit à une pureté à peu près absolue.

En se reportant à l'exposé de la méthode de préparation et se rappelant l'origine des matières qui se rendent au welsh buddle, en observant d'autre part que des minerais de plomb non argentifères sont utilement portés à la teneur la plus élevée, on comprendra l'importance du rôle de cet appareil à Level Fawr.

VII. *Lisburne buddle.*

Le Lisburne buddle a été inventé par le captain Vigus et construit pour la première fois à Frongoch, vers la fin de l'année 1855.

Le premier appareil d'essai fut installé à l'atelier d'en bas, à côté de la maison des cylindres broyeurs (*) ; l'expérience

(*) MM. Philips et Darlington (*Minings records*, page 127) décrivent le premier Lisburne buddle et en donnent un croquis.

ayant été favorable, on en a établi un second à l'atelier du milieu. C'est celui que je me propose de décrire et que j'ai représenté Pl. III, *fig.* 1 à 9.

Le but initial de l'invention était de remplacer par un procédé mécanique le rablage exécuté à la main sur le welsh buddle; mais l'imitation ne devait pas être servile; d'une part, on ne pouvait pas prétendre à reproduire le coup de rable de l'ouvrière; de l'autre, le fonctionnement mécanique indiquait la convenance de rendre l'opération continue.

Dans le chapitre précédent j'ai exposé avec détail le rôle du Lisburne buddle sur l'atelier de Frongoch; nous examinerons ici successivement la construction, la marche, les consommations en eau, force motrice et main-d'œuvre, la production, les frais spéciaux par tonne passée. Je donnerai en terminant un exemple de l'effet utile du buddle et quelques considérations théoriques pour le mouvement des matières à la surface du plan incliné.

Construction. L'appareil comprend :

Une partie fixe, charpente et rails ;
Un râteau sur chariot mobile ;
Un moteur, roue à augets.

La partie fixe est représentée par les figures 1, 2 et 3. Le plan incliné a pour largeur 5' 6" = 1m,676 et pour longueur, dans le sens de l'inclinaison, 4' 3" = 1,295. Il est construit en madriers de 2" = 0m,05 d'épaisseur; la pente est de 4" sur 51"; soit $\frac{100}{1275}$ ou 7c,81 par mètre.

Les boîtes (*coffers*) destinées à recevoir les produits sont au nombre de quatre; les nos 1 et nos 2 sont juxtaposés à gauche du plan; leurs dimensions dans œuvre sont :

		mètres.
Longueur (sens de la direction du plan).	3' 6" =	1,066
Largeur.	2' 0" =	0,609
Profondeur.	5" =	0,127

Tout en conservant la même largeur à ces deux boîtes, on a jugé bon d'agrandir l'accès du n° 2 aux dépens du n° 1 ; la planchette disposée à cet effet a 9''=0,228 de longueur.

La faible profondeur a pour but de faciliter la reprise à la pelle des produits denses.

Les boîtes n° 3 et n° 4 sont rejetées à environ 2 mètres de la base du plan, de manière à éviter l'encombrement et à laisser à côté de chacune d'elles une place suffisante pour le dépôt des produits incessamment extraits pendant le travail d'un lot de plusieurs tonnes.

Les matières y arrivent par deux canaux inclinés ayant :

			mètres.
Longueur commune			6' 6'' = 1,981
Rebords	en haut		4'' = 0,101
	en bas		3'' = 0,076
Largeur	en haut.	Canal du n° 3	2' 6'' = 0,762
		Canal du n° 4	3' 0'' = 0,914
	en bas = largeur des boîtes		2' 1'' = 0,635

La pente des canaux est de 7'' sur 78'' (=environ 9 centimètres par mètre).

Les boîtes n° 3 et n° 4 ont :

	mètres.
Longueur (sens de l'inclinaison du plan)	3' 0'' = 0,914
Largeur	2' 1'' = 0,635
Profondeur	1' 0'' = 0,305

Dans chaque groupe de boîtes les bords extrêmes forment déversoir; les eaux tombent dans deux rigoles qui se rejoignent et vont déposer les sables dans les caisses allongées (A_8, *fig.* 2, Pl. I) et les boues fines aux grands slimes pits.

Le plan incliné reçoit en tête une nappe d'eau très-bien réglée par deux déversoirs consécutifs. L'eau motrice arrive par le canal de dégagement à un premier bassin, passe de celui-ci à un second, et tombe enfin sur le plan.

Les bassins ont une longueur égale à la largeur du plan ; les autres dimensions principales sont :

			mètres.
Largeur du canal		8″1/2	= 0,216
Largeur du	premier bassin	9″	= 0,228
	deuxième bassin	10″	= 0,254
Hauteur du	premier déversoir	6″	= 0,152
	deuxième déversoir	3″	= 0,076

Le canal d'arrivée porte un branchement avec trappe ré-ulatrice; l'eau ainsi détournée va mouiller sur le sol le as de minerais déposé devant l'ouverture de chargement. Celle-ci a 1′ = 0m,30 de large; elle est pratiquée à la droite et en tête du plan, dans un revêtement de planches appliqué de ce côté seulement.

Les coupes *fig.* 1 et 3 montrent quatre poteaux verticaux, qui soutiennent, vers la moitié de leur hauteur, deux lignes de rails en fer, et au sommet deux madriers, garnis en dessus de bandes de fer. Cette installation constitue la double voie de l'appareil mobile; les rails sont parcourus par les roues à boudins du chariot porteur, tandis que les galets du mécanisme courent sur les bandes plates.

Entre les rails on mesure 5′ 6″ = 1m,676; les rails ont 2″ = 0m,05 de hauteur et 1″1/2 = 0m,038 de largeur; d'abord rectilignes et distants de 5″ 1/2 = 0m,140 du fond incliné, ils se recourbent et se relèvent d'environ 2″ sur les derniers 12″ qui touchent au poteau d'en bas.

De la surface du plan aux sommets des poteaux on compte 18″ = 0m,457. Les bandes de fer supérieures ont deux relèvements, l'un situé au-dessus de celui des rails, l'autre en avant du déversoir de la tête du plan.

Partie mobile (*fig.* 4, 5 et 6). — Le râteau se compose d'un chariot à quatre roues, supportant 21 râbles identiques, qui peuvent prendre ensemble ou isolément un mouvement vertical.

Le bâti du chariot comprend une forte traverse de tête (côté de la base du plan), deux longerons et une seconde traverse recouverte d'un chapeau serré au moyen de deux étriers à boulons; dans ces deux dernières pièces de bois, les faces en contact sont creusées en forme de rigole.

Aux extrémités des longerons sont boulonnées les branches d'une fourche en fer reliée à la tige motrice.

Les dimensions des bois sont :

	LONGUEUR.	HAUTEUR.	LARGEUR.
	mètres.	mètres.	mètres.
Traverse de tête.......	5′ 1″ = 1,549	7″ = 0,178	4″ = 0,101
Traverse d'arrière......	*Idem.*	4″ + 2″ = 0,152	3″ 1/2 = 0,089
Longerons..........	2′ 7″ = 0,787	4″ = 0,101	3″ = 0,076

Les essieux sont en fer rond, de 2″ 1/2 = 0^m,0635; les roues en fonte ont pour diamètre moyen 8″ = 0^m,203; quant à l'espacement, on compte, de la face externe de la traverse de tête à l'axe de l'essieu d'avant, 7″ 1/2 = 0^m,190, entre les axes des essieux 21″ = 0^m,533; du dernier essieu au sommet de la fourche 5′ = 1^m,52.

Un râble ou dent (*scraper*) est fait d'une plaque en tôle, rivée à une queue en fer rond. La plaque a 14″ = 0^m,355 de longueur sur 6″ = 0^m,152 de hauteur; quand le bord inférieur est usé, on le remplace par une bande de tôle rivée.

La queue a 1″/2 = 0^m,012 de diamètre sur une longueur totale d'environ 3′ = 0^m,914; à 0^m,30 au-dessus du râble elle se recourbe, puis se prolonge d'environ 0^m,46 jusqu'à la traverse d'arrière.

La rigole ménagée dans cette traverse et dans son chapeau reçoit une tige de fer servant de charnière commune aux 21 râbles; chacune des queues est recourbée de façon à embrasser la tige.

En cas de réparation d'un râble, on dévisse les deux étriers, on enlève le chapeau, et le râble détérioré étant remplacé par un neuf, l'appareil peut être remis en marche après un arrêt de quelques minutes seulement.

La distance de la portion verticale des queues au premier essieu est de 10″ = 0^m,254 d'axe en axe.

La levée des râbles est de 2″ = 0m,05 ; dans leur mouvement, les râbles sont guidés par des appendices en bois, cloués les uns à la face postérieure, les autres à la face inférieure de la traverse de tête, et ils sont sollicités par une tige en fer armée de galets à ses extrémités.

Cette tige ou *releveur* constitue un des organes essentiels du mécanisme ; elle passe au-dessous des 21 queues et se meut à peu près verticalement le long de la face antérieure de la traverse dans deux guides ou fourchettes en fer.

Sa section est rectangulaire et mesure 3″ 1/2 = 0m,089 sur 3″/4 = 0m,019 ; ses extrémités limées en forme d'essieux reçoivent deux galets de 4″ = 0m,101 de diamètre et 1″ 3/4 = 0m,044 d'épaisseur. Ces galets roulent sur la voie supérieure signalée précédemment, et dont la largeur, prise extérieurement, est de 6′ 3″ = 1m,904.

A la montée les râbles doivent se promener au contact du plan, tandis qu'à la descente ils doivent être suspendus à 2″ au-dessus de lui. Nous reviendrons plus loin sur la marche de l'appareil, mais il est aisé de voir que le mouvement est transmis par les galets au releveur et par celui-ci aux 21 rables. Pour la descente le releveur est maintenu en position au moyen de deux leviers coudés (*fig.* 6) mobiles sur pivot et placés à chaque bout de la traverse de tête ; il porte sur des arrêts ou entailles faites dans les petits bras. Les grands bras des leviers coudés viennent, au bas de la course, rencontrer deux leviers rectilignes, placés respectivement vers le sommet des poteaux verticaux. Le déclic fonctionne et le releveur s'échappe des entailles. Les leviers rectilignes ont une longueur totale de 2′ = 0m,609 ; l'épaisseur est de 1″ = 0m,025 et la hauteur de 3″ = 0m,076 ; le grand bras a 18″ = 0m,46 ; celui du levier coudé n'a que 11″ = 0m,28.

Moteur et transmission (*fig.* 7). — Le moteur est une petite roue à augets de 6′ = 1m,828 de diamètre et 1′ = 0m,305 de largeur ; elle est montée sur chevalets et à un

niveau tel que l'eau puisse s'écouler du pied de la roue au buddle.

A raison de 20 tours par minute, la vitesse à la circonférence est de $2^m,18$ par seconde.

La transmission est ingénieuse; indépendamment de la transformation de mouvement, il y avait à tenir compte de la différence de niveau entre l'arbre de la roue et le manche du râteau, et il importait de pouvoir régler la course avec une grande précision.

Une charpente en forme de chevalement soutient une tige en fer faisant pendule et à laquelle s'articulent, d'un côté la bielle de la roue, de l'autre et plus près du sol le manche du râteau. L'extrémité du manche décrit ainsi un arc de cercle de grand rayon, ce qui répond pratiquement au mouvement rectiligne alternatif du chariot. Entre les points d'attache de la bielle et du manche deux guides horizontaux maintiennent les oscillations du pendule dans le plan vertical de l'ensemble du mécanisme. On a disposé des diverses longueurs de manière que la course du râteau soit de $3' 9'' = 1^m,143$.

Il est évident que la force motrice d'un buddle pourra être empruntée, soit à une grande roue, soit à une machine à vapeur selon la convenance de l'atelier; mais on peut remarquer que la quantité d'eau claire nécessaire au lavage sur le plan incliné suffira, avec une chute de 2 mètres, pour conduire le râteau.

Marche. — Pendant la marche du râteau les bords des deux râbles extrêmes affleurent les côtés du plan incliné. Les queues des râbles sont espacées de $3'' = 0^m,076$; il y en a 21; en sorte que la distance comprise entre les axes des queues latérales est de $20 \times 3'' = 5'$. D'autre part, l'obliquité des râbles est réglée par cette condition que la plaque longue de $14''$ étant projetée sur une parallèle à la tête du plan y donne une droite longue de $6''$ seulement. En sorte qu'en ajoutant aux 5 pieds les deux demi-projec-

tions de 3" des râbles latéraux, on a bien les 5′ 6″ indiqués pour largeur du plan incliné. Quelques conséquences doivent être signalées comme se déduisant des chiffres précédents. Si l'on supprime toutes les dents paires, les 11 dents restantes embrassent à la montée toute la surface du plan; les dents paires peuvent être considérées comme introduites pour plus de sûreté, afin qu'aucun grain n'échappe à l'action du râble. Si l'on trace sur le plan incliné une ligne de pente partant de l'extrémité gauche (c'est-à-dire inférieure) d'un râble, cette droite passera au milieu du râble voisin de gauche et à l'extrémité supérieure du râble suivant.

L'angle que fait la direction des râbles avec l'inclinaison du plan est donné par la formule $\omega = \text{arc sin}\,\frac{6}{14}$; d'où l'on tire $\omega = 25^\circ\,23'$.

Les figures 4 et 5 représensent le chariot à la montée; les galets du releveur portent sur la partie rectiligne de la voie; les râbles fonctionnent; le levier coudé n'est pas en prise.

Dès que la course ascendante s'achève, c'est-à-dire au moment où les bords supérieurs des râbles vont toucher le déversoir de tête, les deux galets remontent de 2″ sur les bandes recourbées, le releveur soulève les 21 râbles; les leviers coudés tombent en prise parce que leur grand bras agit par son poids. La figure 6 indique la position du releveur pendant la descente.

A la fin de la course descendante les bords inférieurs des râbles dépassent d'environ 6″ la base du plan; à cet instant le chariot tout entier est soulevé par la rencontre de la partie courbe des rails; en même temps le choc des queues des leviers coudés contre les têtes des leviers rectilignes a fait échapper le releveur aux arrêts qui le supportaient. Cette pièce, sollicitée par son poids et par celui des râbles, descend entre ses guides, et dès que les galets attei-

gnent à la montée la partie creuse de leur voie, les râbles entrent en action.

Le Lisburne buddle construit dans les conditions précédentes a coûté environ 20 liv. st. = 500 fr. (*).

Consommations. — On peut admettre que la roue reçoit par minute 300 litres d'eau ; ce qui donne, sur $1^m,82$ de diamètre, 546 kilogrammètres par minute ; soit $0^{ch},12$ pour la force nominale en chevaux.

La majeure partie de l'eau motrice arrive sur le plan incliné ; lorsqu'on passe des sables un peu fins et qu'il est utile de modérer l'eau de lavage, on ouvre en conséquence la trappe du canal de dérivation. — Si nous considérons les 300 litres d'eau se déversant sur la tête du plan dont la longueur est de $1^m,676$, et si nous admettons que la nappe ait sur le déversoir une épaisseur d'environ 6 millimètres, nous trouvons que l'eau s'y écoule avec une vitesse d'environ $0^m,50$ par seconde.

Le personnel comprend quatre fortes filles ; l'une se tient à la droite et en tête du plan et pousse à la pelle le tas de sables en traitement ; les trois autres vont sur les boîtes retirer selon le besoin les dépôts qui s'y rendent.

Le travail du chargement étant le plus actif, les ouvrières s'y remplacent successivement ; cependant il faut observer que le tas à charger est sur le niveau même du plan et qu'il suffit de déplacer les matières sans les élever.

Contrairement à ce qui a lieu dans les appareils à courant d'eau avec dépôt, le chargement peut être ralenti ou même

(*) Le premier appareil d'essai, ayant 15 râbles et donnant 24 coups par minute, avait coûté 31 liv. st. 10 sh. = 787^f50.

	£ sh.	fr.
Fer et main-d'œuvre des forgerons.	18, 10	462,50
Bois et main-d'œuvre des charpentiers.	13, 00	325,00
	31, 10	787,50

Il consommait 67 gallons, soit environ 300 litres d'eau par minute.

cesser entièrement, sans crainte de nuire aux résultats du travail ; la seule précaution à prendre est de ne *pas forcer la charge.* Dans ce cas, en effet, les sables formant couche sur le plan, la mobilité relative des grains ne peut plus être en jeu, et la séparation des qualités n'est plus possible.

La charge convenable et par suite *l'activité* de l'appareil dépendent de la nature et du grain des matières.

La puissance d'entraînement résulte ici comme partout de la masse d'eau et de la pente du plan ; la pente étant fixe on est conduit à diminuer l'admission d'eau lorsqu'on passe des sables fins et pauvres et par suite à limiter le chargement en conséquence ; au contraire les sables gros et riches permettent de forcer l'eau et la charge.

Production. — La quantité de matières passées par journée de 10 heures varie dans ces circonstances entre 40 et 15 tonnes ; la moyenne sur l'atelier de Frongoch est de 25 tonnes.

Quant aux poids recueillis dans les diverses boîtes je citerai seulement deux cas extrêmes.

1° Grenailles riches de 7 à 5 millimètres et au-dessous ; têtes des canaux du broyage du minerai de première qualité ; le travail conduit *en expérience* doit être considéré comme un maximum.

2° Sables pauvres et blendeux de 3 à 2 millimètres et au-dessous ; sables de la seconde caisse du classeur à eau.

	QUANTITÉS passées en 10 heures.	POIDS RECUEILLIS.		
		Boîte n° 1.	Boîte n° 2.	Boîtes n°s 3 et 4.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
1°	40	12	4	24
2°	20	1	2	17

Revenant à la production moyenne de 25 tonnes en 10 heures, voici comment s'établissent les :

Frais spéciaux de main-d'œuvre par tonne passée. — Quatre filles, payées l'une de 8 à 9 d. (= 0f,833 à 0f,937) par jour, coûtent, en prenant le gain maximum de 9 d., 36 d. ou 3 sh. = 3f,75; ce qui donne 0f,15 par tonne passée. (*)

Effet utile du Lisburne-buddle. — Lors de ma visite on traitait les sables pauvres et blendeux, ci-dessus mentionnés: les résultats de l'analyse faite sur les échantillons recueillis aux divers points de l'appareil serviront à caractériser son rôle enrichisseur.

Voici d'abord l'origine et la nature des sables:

Un dépôt de cuve des cribles à 5 trous ayant passé une première fois au buddle, la boîte n° 3 a été envoyée au classeur; le produit fin de la deuxième caisse constitue la matière élaborée.

Le classement de grosseur est très-défectueux; il n'y a pas de boues mais les grains de 2 à 3 millimètres sont mêlés à une grande proportion de sables de 1 millimètre et au-dessous; on voit des cubes et d'épaisses lamelles de galène, beaucoup de blende; la gangue est essentiellement le quartz, elle contient cependant du schiste et un peu de pyrite de fer.

L'analyse a donné (**) :

(*) Le rapport entre les poids des sables et de l'eau admis dans le même temps varie entre 1/6 et 1/8.

(**) L'analyse par voie humide a fourni les dosages du plomb et du zinc; j'ai calculé le poids de galène d'après la formule PbS : quant à la blende de Frongoch j'ai trouvé pour sa composition :

Sulfure de zinc (ZnS)	92,21
Protosulfure de fer (FeS)	7,79
	100,00

Cette blende est brune et brillante.

D'après cette composition j'ai établi le poids de blende répondant au zinc dosé.

L'essai par voie sèche de la boîte n° 1 a donné 56 p. 100 de plomb.

	MATIÈRE traitée.	BOITES.			
	A.	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.
Galène.	15,20	70,00	40,80	25,26	4,80
Blende.	25,00	19,91	40,86	28,16	21,76
Gangue.	59,80	10,09	18,34	56,46	73,44
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

On voit que le n° 1 est riche en plomb; le n° 2 tient poids égal galène et blende; le n° 3 se rapproche de A, sous le rapport de la teneur, il est cependant un peu plus riche en blende; enfin, le n° 4 déjà très-appauvri en plomb contient encore notablement de blende.

Quoique les échantillons aient été prélevés avec un certain soin, on ne peut pas les considérer comme de vraies prises d'essai; c'est pourquoi les nombres du tableau précédent peuvent être arrondis; en même temps, j'ai calculé d'après ces compositions la répartition des matières dans les quatre boîtes.

RÉPARTITION DE LA GALÈNE, DE LA BLENDE ET DES GANGUES DANS LES 4 BOITES.
Les calculs se rapportent à 100 kilos de sables A passés au buddle.

BOITES.	POIDS de la qualité.	GALÈNE.		BLENDE.		GANGUE.	
		Teneur p. 100.	Poids contenu	Teneur p. 100.	Poids contenu	Teneur p. 100.	Poids contenu.
	kil.		kil.		kil.		kil.
N° 1. . .	5	70	3,50	20	1,00	10	0,50
N° 2. . .	10	40	4,00	40	4,00	20	2,00
N° 3. . .	40	15	6,00	30	12,00	55	22,00
N° 4. . .	45	5	2,25	20	9,00	75	33,75
A	100 =	15.75	+	26,00	+	58,25	

L'opération que nous décrivons porte sur des matières bien plus défavorables au traitement que la moyenne des sables de l'atelier ; on ne doit pas lui demander de présenter les brillants résultats d'une expérience choisie à dessein, mais elle montre mieux peut-être l'efficacité de l'appareil.

Si nous groupons les chiffres relatifs aux boîtes n° 1 et n° 2, nous trouvons :

Poids recueilli aux boîtes n° 1 et n° 2 : 15 kil.

	Teneur p. 100.	Poids contenus. kil.
Galène	50,00	7,5
Blende	33,33	5,0
Gangue	16,67	2,5
Totaux	100,00	15,0

En comparant les poids contenus dans ces boîtes avec la composition des sables traités, on voit que l'on a réussi à concentrer sur les 15 centièmes de la masse :

47,62 p. 100 de la galène	admises à l'appareil.
18,23 p. 100 de la blende	
4,20 p. 100 des gangues	

On peut admettre que le buddle traitera 20 tonnes de ces sables dans la journée de 10 heures ; si on fait porter sur les produits enrichis toute la dépense de l'opération, on aura :

		kil.
N° 1	1 tonne tenant	700 de galène.
N° 2	2 tonnes tenant	800 —
Total	3 tonnes à 50 p. 100	1500

pour une main-d'œuvre de $3^{f},75$. Soit $1^{f},25$ par tonne.

Considérations sur le mouvement des grains à la surface du plan incliné. — Tout ingénieur pourra mettre en œuvre les détails que j'ai donnés sur la construction et l'emploi du Lisburne buddle, établir un appareil identique à celui-ci et en tirer un excellent parti sur un atelier de préparation

traitant des minerais analogues. On peut affirmer, que si à Frongoch on obtient de bons résultats malgré le défaut de classement des sables, partant où l'on se donnera la peine de bien classer à l'aide de bons trommels, on atteindra au buddle des séparations d'une grande netteté.

Mais je dois mettre en garde contre toute *modification intempestive* que l'on essayerait d'apporter dans les *éléments essentiels* de l'appareil. Ce n'est pas que je regarde le buddle de Frongoch comme un type immuable ; bien au contraire le principe de séparation qu'il utilise est applicable à diverses substances minérales et les conditions du travail devront varier en conséquence.

Pour que ces variations puissent être tentées avec chances de succès, il est nécessaire d'approfondir autant que possible ce qui se passe dans le seul modèle existant aujourd'hui.

Le point capital est l'étude du mouvement des grains sur le plan incliné.

La trajectoire d'un grain est une ligne en zigzag formée de deux groupes d'éléments rectilignes. Abandonné à l'action du courant d'eau le grain descend suivant la ligne de pente du plan ; au contact du râble il prend une direction, résultante de deux vitesses savoir : 1° celle du râble ascendant, dirigée en sens contraire de l'inclinaison du plan ; 2° celle due au courant d'eau qui se trouve dévié le long du râble.

L'angle obtus compris entre ces deux composantes est $180° - \omega$ c'est-à-dire 154° 37'. Quant à leurs valeurs absolues ou relatives, nécessaires pour construire le parallélogramme dont la diagonale est la direction du grain, les données font défaut et nous sommes réduits à des appréciations à cet égard. (*)

(*) La vitesse du râble n'est pas uniforme ; 20 coups par minute et une course de 3' 9" = 1^m,143, répondraient à une vitesse moyenne de 0^m,763 par seconde.

La vitesse du grain le long du râble ne peut pas être établie. Nous avons vu que celle de l'eau, sur le déversoir, est d'environ 0^m,50 ;

S'il y a mélange de matières, le mouvement des divers grains sera à peu près le même sous l'action du râble; au contraire la marche de la galène seule, et celle de la gangue seule, ne seront pas identiques; la galène, peu mobile, sera remontée plus haut, la direction résultante se rapprochant davantage de celle imprimée au râble; la gangue mobile, recevant plus efficacement l'impulsion de l'eau, la résultante fera un angle plus ouvert avec la ligne de pente du plan. Ces circonstances sont d'ailleurs tout à fait propres à faciliter le départ des grains doués d'une mobilité différente.

En présence de cette indétermination nous devons recourir à une *hypothèse.*

« Sous l'action du râteau tous les grains sont déplacés de même; ce déplacement est normal au plan du râble; son prolongement fait avec la tête du plan l'angle $\omega = 25^\circ 23'$. »

Soit ABCD (*fig.* 8) le plan incliné. AB = 1m,676 est la tête, AD = 1m,295 le côté du chargeur; A le point théorique d'où part le grain; AM est sa trajectoire en zigzag; la direction d'ensemble fait avec la tête du plan l'angle MAB; je désigne cet angle par α.

D'après la construction du râble il y a lieu de distinguer trois cas :

1° *le grain touche toutes les dents*;

2° le grain ne touche les dents que de deux en deux;

3° le grain touche les dents irrégulièrement; c'est-à-dire qu'il subit le contact, tantôt de plusieurs dents consécutives, tantôt de dents alternatives. Ce dernier cas est le seul pra-

---

selon la proportion des matières en mouvement sur le plan, la vitesse de l'eau aux divers points sera accrue ou diminuée. Par rapport aux matières, la proportion d'eau est de plus en plus forte vers la gauche à mesure qu'on approche des boîtes n° 1 et n° 2. La marche du râble en sens contraire de l'eau, détermine tout le long de la tôle un exhaussement, d'où résulte une plus grande puissance d'entraînement.

tiquement vrai, mais la discussion du premier sera plus simple et suffisante d'ailleurs pour élucider les deux autres.

Après le contact avec le premier râble le grain rencontre tous les autres successivement au milieu de leur longueur, en sorte que le râble n'agit, dans cette hypothèse, que par sa moitié inférieure.

Soit *abc* (*fig.* 9) un des triangles élémentaires de la trajectoire; *ab* est le chemin parcouru sous l'action de l'eau seule entre deux contacts; *ac* le chemin décrit sous l'action du râble; A*bc*M la direction d'ensemble de la trajectoire; enfin $cd = e = 0^m,0762$ l'intervalle de 3″ compris entre les queues de deux râbles consécutifs et formant ici la hauteur du triangle.

On a par définition $b\hat{c}d = \alpha$ et par hypothèse $a\hat{c}d = \omega$. D'où l'on déduit *ac* et *ab*, savoir :

$$ac = \frac{e}{\cos \omega} = 0^m,0842,$$

quantité constante pour tous les grains,

$$ab = ad + bd \qquad ab = e(\text{tg}\,\omega + \text{tg}\,\alpha), \qquad (1)$$

ou bien encore,

$$ab = 0^m,036 + 0^m,0762\,\text{tg}\,\alpha.$$

Appliquons cette formule (1) aux divisions adoptées pour les quatre boîtes de Frongoch. Considérons les quatre espaces angulaires (*fig.* 8) ayant pour sommet commun le point A et interceptant respectivement les ouvertures de chaque boîte, et les quatre trajectoires moyennes, c'est-à-dire les chemins parcourus donnant pour résultantes les bissectrices des angles précédents. D'après le tracé graphique, on mesure :

Boîtes.	Espace angulaire A.	Angle α des bissectrices.
N° 1.	13°	6° 1/2
N° 2.	22°	21°
N° 3.	20°	45°
N° 4.	35°	72° 1/2
Total.	90°	

Introduisant ces valeurs de α dans la formule, on trouve :

	Valeurs de *ab*. millim.	Rapport des vitesses d'entraînement par l'eau V.
Nº 1.	45	100
Nº 2.	70	155
Nº 3.	112	249
Nº 4.	182	404

J'ai indiqué dans le chapitre précédent, que parmi les trois éléments de la mobilité, volume, forme et densité, le Lisburne buddle mettait principalement en jeu la densité. Considérons des grains d'inégale densité présentant aux filets fluides une égale section ; on peut admettre que dans l'intervalle de deux coups de râble le mouvement est uniforme et que la force vive des divers filets d'eau est utilisée par un travail identique ; or, le travail est le produit du poids par l'espace parcouru ; en sorte que, pour des grains de même section et même forme, mais de densité d, variable, l'expression $V \times d$ devra être constante. Les différences que nous obtiendrons ici entre les valeurs de $V \times d$ seront attribuables à l'influence de la forme et du volume. Le calcul donne :

		d.	V.	V × d.
Nº 1.	Galène	7,58	100	758
Nº 2.	Blende	4,00	155	620
Nº 3.	Gangue	2,60	249	647
Nº 4.	Gangue	2,60	404	1054

Les valeurs des nºˢ 2 et 3 sont à peu près égales ; formes et grosseurs des grains assez analogues, densité presque seule en jeu ; le chiffre plus fort du nº 1 répond à une finesse généralement plus grande de la galène et aux effets d'entraînement de la nappe d'eau arrivant non saturée sur le dépôt de la tête du plan ; enfin la boîte nº 4 contient les matières fines, ou les grains volumineux mais susceptibles de rouler, c'est-à-dire des produits mobiles par la forme ou par le volume.

Les ouvertures des quatre boîtes, et par suite les espaces

angulaires A, ont été choisis à Frongoch en dehors de toute considération théorique. La pratique sera toujours un guide sûr et suffisant pour déterminer la position la plus convenable à donner dans chaque cas aux cloisons qui limitent les compartiments récepteurs. Mais il ressort néanmoins des calculs précédents, que si l'on tient compte, ici du défaut de classement et partout de la forme des divers grains, on pourra prévoir à très-peu près d'après les densités des minéraux admis, la direction moyenne que chaque espèce minérale prendra sur le plan incliné.

Admettons, ce qui sera toujours préférable, que les matières soient préalablement bien classées, et écartons ainsi l'élément volume dans les causes de mobilité ; laissons l'appréciation de la forme intervenir comme coefficient pratique, nous pourrons alors poser la relation :

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \omega}{\operatorname{tg} \alpha' + \operatorname{tg} \omega} = \frac{d'}{d}, \qquad (2)$$

Cette relation n'est autre qu'une expression de $V \times d =$ constante.

Quant à son application :

Soit d la densité d'un minéral ; on pourra disposer de l'eau et de la pente de façon à diriger la masse de cette matière suivant un angle α choisi selon la convenance.

Soit d' la densité d'un second minéral mêlé au précédent ; sa direction moyenne α' sera donnée par la formule (2) ou si l'on veut par son développement (3) :

$$\operatorname{tg} \alpha' = \frac{d}{d'} (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \omega) - \operatorname{tg} \omega. \qquad (3)$$

Je donnerai plus loin un exemple numérique, mais il est indispensable de montrer que les résultats du calcul sont indépendants de l'hypothèse du contact successif de tous les râbles.

Examinons actuellement le second cas possible dans

lequel ***le grain ne touche les râbles que de deux en deux.***

Supposons d'abord que la trajectoire résultante AM reste la même ; il est aisé de voir qu'il suffit dans ce cas de remplacer le triangle élémentaire *abc* par un triangle double $a'b'c'$, dont la hauteur devient $2e$; l'espace parcouru sous l'action de l'eau, $(a'b')$ se trouve lui-même doublé ; mais si on applique la même hypothèse aux grains des diverses espèces on voit que le rapport des vitesses d'entraînement V reste le même. (*)

Supposons au contraire que l'espace *ab* conserve sa valeur absolue et désignons par β l'angle M'AB ; nous aurons dans le nouveau triangle abc' de hauteur $2e$:

$$\operatorname{tg}\beta = 1/2\,(\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\omega),$$

en sorte que le grain qui, animé d'une vitesse déterminée, a touché d'abord plusieurs râbles consécutifs, et vient à manquer une dent, se trouve par le fait dévié fortement de sa direction primitive et remonté beaucoup plus près de la tête du plan.

Nous pouvons aborder maintenant le cas pratique du *contact irrégulier* des dents. En fait les râbles fonctionnent tous à la fois et sur toute leur longueur, mais on peut avancer que les contacts alternatifs sont les plus fréquents ; (**) en sorte que l'appareil mobile jouerait le rôle

---

(*) La longueur totale de la trajectoire brisée reste la même dans les deux hypothèses, lorsqu'il s'agit d'un grain traversant le plan jusqu'au bord de gauche. Soit $2n + 1$ le nombre des râbles ($n = 10$) ; T et T' les longueurs des trajectoires brisées : pour une même trajectoire résultante AM on a :

Première hypothèse............ $T = 2(n+1)(ac + ab)$

Deuxième hypothèse............ $T' = (n+1)(a'c' + a'b')$

$$\text{or} \quad a'c' = 2ac \quad \text{et} \quad a'b' = 2ab,$$

$$\text{donc} \quad T = T'.$$

(**) En admettant ce fait probable, on peut calculer les vitesses

d'un double rateau. D'après le mode de recouvrement des râbles, lorsqu'un grain vient de rouler le long de la surface oblique, il poursuit un instant sa route dans la même direction et se trouve par le fait soustrait à l'influence de la dent voisine de gauche; au prochain coup de râble il est repris par le bord supérieur de la dent suivante. De temps à autre il pourra sous l'influence d'un remous ne pas dépasser vers la gauche la zone frayée par le râble qui vient de l'abandonner; c'est alors la dent suivante qui le rencontre vers son milieu.

Le *recouvrement complet* d'une dent par ses voisines doit donc être regardé comme une disposition vicieuse, pouvant introduire une irrégularité fâcheuse dans les trajectoires des grains; rien de plus facile d'ailleurs que de l'éviter.

Ces observations dégagent la formule (3) des variations que pouvait faire craindre l'hypothèse des contacts; il n'y reste d'indéterminé que la vraie valeur de l'angle que nous avons admis égal à ω, tandis que cet angle est une fonction seulement de l'obliquité ω donnée aux râbles.

Appliquons cette formule à un exemple simple : prenons $\frac{d}{d'} = 2$ c'est-à-dire à peu près le cas de la houille mêlée de schistes et admettons que le schiste, matière dense, soit dirigé d'après un angle moyen $\alpha = 25°$ (ligne très-voisine de la bissectrice de l'angle n° 2) ; la direction moyenne α' de la houille sera donnée par :

---

moyennes des grains qui décrivent les 4 trajectoires moyennes.
La durée moyenne d'un contact est de $0^s,42$; il reste $2^s,58$ pour le parcours des distances $a'\ b' = 2ab$. On a donc :

	VALEURS de $a'b'$.	VITESSES moyennes.		
	millimètres.	millimètres.		
N° 1. . .	90	35	Galène. . . .	Plan incliné à raison de $7^c,81$ par mètre.
N° 2. . .	140	54	Blende. . . .	
N° 3. . .	224	86	Gangues. . .	
N° 4. . .	364	140		

$$\text{tg}\,\alpha' = 2\,(\text{tg}\alpha + \text{tg}\,\omega) - \text{tg}\omega = 2\,\text{tg}\alpha + \text{tg}\omega,$$

$$\text{tg}\,\alpha' = 2\ \text{tg}\ 25° + \text{tg}\ 23°\ 23' = 2 \times 0{,}466 + 0{,}474 = 1{,}406,$$

$$\text{d'où :}\quad \alpha' = 54°\ 35',$$

direction presque identique à la ligne de séparation des boîtes n° 3 et n° 4 (*fig.* 8).

Dans l'étude préalable d'un Lisburne buddle destiné à un but déterminé, il serait utile de discuter la formule (1) mise sous la forme :

$$\text{tang}\ \alpha = \frac{ab}{e} - \text{tang}\ \omega$$

et d'étudier l'effet des variations des trois éléments *ab*, *e* et tang. ω répondant : *ab*, à la proportion d'eau et à la pente du plan ; *e*, à l'espacement et par suite au nombre des rables ; enfin ω à leur obliquité et par conséquent à leur longueur.

La question devrait même être prise à un point de vue encore plus général et embrasser l'influence des deux dimensions du plan incliné et du nombre de coups de râble à donner par minute.

Cette énumération des variables de l'appareil montre combien l'inventeur a fait preuve d'un esprit judicieux en l'adaptant parfaitement dès le second modèle aux besoins de son atelier et combien de ressources on pourra tirer de cet outil, digne en tous points de fixer l'attention des ingénieurs.

VIII. *Classeur à jet d'eau (sizing box).*

J'ai indiqué au précédent chapitre le rôle et l'emploi du classeur à jet d'eau sur l'atelier de Frongoch.

Cet appareil est représenté (Pl. III, *fig.* 10, 11 et 12) avec deux boîtes seulement ; la troisième étant inefficace.

La largeur des boîtes est $0^m,40$; la longueur $1^m,65$: du bord supérieur à l'entrée du canal d'émission, la différence de niveau est de $0^m,60$. La colonne d'eau a $2^m,25$; les ouvertures carrées au fond des boîtes ont $0^m,10$ de côté. Le travail consiste à charger le minerai à la pelle dans la trémie

supérieure et à retirer des deux bassins antérieurs les produits qui s'y déposent; grenailles dans le premier, gros sables dans le second.

Les matières traitées à Frongoch sont d'un trop gros grain pour que le classement soit bien fait; la pression est trop faible et les ouvertures d'admission devraient être diminuées. Malgré ses imperfections comme classeur l'appareil est un bon débourbeur.

IX. *Bocard (stamps).*

Le bocard de Level Fawr ne reçoit que les écumes pauvres des divers criblages; destiné à disparaître il n'offre qu'un intérêt historique.

On compte 12 flèches, distribuées par trois, dans quatre boîtes. La tête en fonte pèse neuve 3 cwts = 152 kilos; la tige est en bois. La *fig.* 18, Pl. III, représente le mode d'assemblage de la tête avec la queue en fer; celle-ci fait saillie de 14″ = $0^m,35$ et pénètre de 6″ = $0^m,15$ dans le creux de la fonte. L'extrémité du fer a la forme d'un crochet, haut de 2″ = $0^m,05$ et de 1″ = $0^m,025$ de long; un coin en bois est chassé à l'arrière. Quand la fonte est usée, on brûle le coin à la forge et l'on retire la queue en fer.

Les boites du bocard sont à deux grilles: l'une de face a 7″ sur 11″ (= $0^m,178$ sur $0^m,279$); l'autre latérale mesure 7″ sur 9″ (= $0^m,178$ sur $0^m,229$); les trous des grilles ont 2 1/2 millimètres.

Les levées des pilons sont respectivement de 8, 9 et 10 pouces ($0^m,203$, $0^m,228$, $0^m,254$). Les matières sont poussées à la pelle dans une rigole de 6″ = $0^m,15$ de large qui les amène sous le pilon de faible levée.

La roue motrice a 26′ sur 4′; elle fait environ 7 1/2 révolutions par minute; l'arbre à cames conduit par un engrenage doublant donne 15 tours; il y a 4 cames et les flèches battent 60 coups. On travaille depuis 7 heures du matin jusqu'à 10 heures du soir et l'on bocarde pendant cette période environ 6 tonnes d'écumes.

X. *Round buddle.*

Le round buddle est connu depuis plus de vingt ans; son installation simple et économique et sa grande activité l'ont fait adopter sur la plupart des ateliers. Cependant il semble qu'on n'a pas su partout tirer un égal parti de cet excellent appareil, car il tombe en discrédit sur le continent, tandis qu'en Angleterre il ne cesse pas de rendre des services incontestés. Écrire sur le round buddle en 1865 peut paraître un anachronisme, et pourtant, dans les circonstances présentes, je crois qu'il peut être utile de rappeler les conditions propres à assurer un bon travail, et d'indiquer les dispositions qui donnent sur les ateliers de Lisburne des résultats parfaits.

Le round buddle n'est propre qu'à enrichir; il est impropre à classer de grosseur ou à débourber. Il peut traiter utilement des sables de grains très-différents et même des sables *très-fins;* mais on n'obtient d'enrichissement notable que si la matière admise est bien *classée de grosseur.*

Les sables fins ou slimes doivent arriver au buddle bien *désagrégés*, *fluides* et *homogènes.*

La *proportion d'eau* doit toujours être réglée en s'attachant à obtenir dans la cuve une nappe liquide bien régulière.

Les *planchettes* ou brosses mobiles doivent rester dirigées suivant les génératrices de la surface conique, et la vitesse de rotation être déterminée selon l'état du dépôt.

Aux ateliers de Lisburne, l'installation des grands slime pits, disposés en série, assure un classement sensible des matières qu'ils reçoivent. Les boues retirées des bassins sont mises en tas et restent quelque temps exposées à l'air; la désagrégation est complétée par l'appareil représenté Pl. I, *fig.* 3 à 6. Il comprend une trémie de chargement, une auge où tourne un arbre hérissé de croisillons (*tormen-*

tor), un trommel qui achève la mise en suspension et sépare les corps étrangers, pailles, copeaux, etc. Au-dessus du tormentor et du trommel règne un canal percé de petits trous par où l'eau claire s'échappe sous forme de minces filets : quelques chevilles permettent de régler l'arrivée de l'eau.

Les slimes bien fluides, qui ont traversé la toile du trommel, s'écoulent à la trémie du round buddle par une rigole inclinée de 1″ 1/4 pour 1′; soit 10^c,42 par mètre.

Le tormentor comprend 24 barres de fer réparties dans deux plans rectangulaires, et sur une longueur de 27″ = 0^m,66; chaque barre mesure 10″ = 0^m,25; une de ses extrémités est arrondie, l'autre aplatie comme celle d'un fleuret de mineur.

Le trommel a 14″ = 0^m,35 de diamètre et 2′ 8″ = 0^m,81 de longueur totale; la pente de l'arbre est de 1″ par pied, soit 8^c,33 par mètre.

Lorsqu'on repasse au round buddle des matières qui viennent d'en être retirées, on se contente, pour la mise en suspension, de les charger dans une huche de bonne grandeur; l'ouvrier a soin que les matières soient toujours en excès par rapport à l'eau.

La huche (*fig.* 11, Pl. I) mesure :

			mètres.
Largeur. . . .	en haut.	2′ 0″	= 0,61
	au fond. . . .	1′ 0″	= 0,30
Longueur en haut.		2′ 4″	= 0,71
Profondeur . .	avant.	1′ 6″	= 0,46
	arrière.	8″	= 0,20

Je donne, *fig.* 7 à 10, Pl. I, les croquis du mécanisme de suspension des planchettes. Le mode de relevage par petit treuil, que l'ouvrier meut de temps en temps, est employé sur beaucoup d'autres ateliers; mais le point essentiel ici est l'anneau de fer central relié aux planchettes par des bouts de chaînes. Cet anneau entoure librement le pilier du round buddle, tourne avec la partie mobile, et se

trouve relevé en même temps que les planchettes. Par sa gravité, il les ramène incessamment à être dirigées suivant les rayons de la cuve, c'est-à-dire selon les génératrices de la surface conique du dépôt. On évite ainsi l'érosion, qui ne manque pas d'avoir lieu lorsque la planchette est traînée obliquement à cette direction, son bord rectiligne ne pouvant être, dans ce dernier cas, tangent qu'en un seul point du cône.

La vitesse de rotation n'est que de 5 à 6 tours par minute.

Le diamètre des round buddles est 18' = 5m,50, et leur profondeur 18" = 0m,46.

Insistons en terminant sur les phénomènes qui déterminent le dépôt des matières dans le round buddle. Cet appareil, de même que le buddle carré, est à *forte pente* et *faible proportion d'eau*; il utilise la forme et le volume de la gangue, dont les grains, généralement plus gros que ceux du minerai, *roulent* jusqu'à la queue : les matières fines et légères y sont en grande partie entraînées par l'eau.

Dans un round comme dans un square buddle, le dépôt est *tendre*; la tête retient les gros et même les petits grains de minerai avec une certaine quantité de gangue fine. Quoi qu'on fasse, les sables très-fins, pratiquement bien classés, renferment encore du limon adhérent; ceux des grains denses, qui sont entourés d'une enveloppe limoneuse, ne s'arrêtent en tête que parce qu'ils peuvent *s'ancrer* dans les anfractuosités d'une surface peu tassée. L'admission des matières par le centre détermine, il est vrai, à la tête du round buddle, un tassement un peu plus sensible que sur celle du buddle carré; c'est là, du reste, le seul avantage technique de ce dernier appareil.

Les planchettes ou brosses (comme le balai du buddle carré) ne servent qu'à réparer les imperfections du travail; lorsqu'il est possible d'en réaliser les conditions théoriques, leur aide est superflu. C'est ainsi qu'aux ateliers de Devon

Great Consols on a pu supprimer la partie mobile du round buddle pour l'enrichissement de gros sables cuivreux de 1 à 1 1/2 millimètre de diamètre. Ces sables, au sortir d'un excellent classeur à jet d'eau, sont parfaitement débourbés et d'un grain presque uniforme; ils s'écoulent directement dans la cuve du buddle, qui fonctionne très-bien sans le secours des planchettes.

Lorsqu'au lieu de gros sables on doit, comme aux mines de Lisburne, opérer sur des slimes, on ne peut plus compter sur un classement de grosseur aussi complet; la pente et la proportion d'eau sont diminuées; le dépôt est plus poreux, plus sujet aux ravinements; les planchettes ont alors pour but de rétablir incessamment la régularité de la surface conique; de là, nécessité de modérer leur vitesse, car, faute de ce soin, elles charrieraient devant elles un courant liquide, véritable agent d'érosion.

Mais dans les ateliers où l'on néglige le classement, c'est-à-dire le débourbage des sables fins, c'est en vain que le round buddle sera bien installé et muni de tous les accessoires désirables; c'est en vain qu'on l'alimentera de matières fluides et homogènes.

Le vice initial empêchera tout bon résultat et se dénotera immédiatement, parce qu'on ne réussira pas à régler l'eau de manière à obtenir le caractère si sensible d'une bonne marche : une nappe fluide régulière du centre à la circonférence. Si l'on cherche à forcer l'eau, la tête boueuse sera ravinée; si l'on diminue l'élément liquide, on n'aura qu'un dépôt confus vers le centre de la cuve.

Dans diverses localités on a voulu triompher de ces difficultés en remplaçant les planchettes mobiles par des brosses d'eau ou des pommes d'arrosoir. Les filets d'eau projetés sur les matières les *tassent* fortement; *une partie* du minerai est arrêtée dans sa descente et collée sur place, de façon à constituer une tête dure et riche.

Cette modification, regardée comme un heureux perfec-

tionnement, n'est qu'un contre-sens technique, en opposition directe avec le principe de l'appareil; on ne doit pas s'étonner que la suppression du round buddle ainsi transformé devienne la conséquence logique d'un insuccès inévitable.

XI. *Cuve* (*kieve*).

La cuve ou *tozing kieve* de Level Fawr (*fig.* 7, Pl. II) est munie d'un agitateur à palettes très-convenable pour imprimer au liquide un violent mouvement de giration pendant la période du remplissage. Celui-ci terminé, les deux ouvriers enlèvent rapidement toute la partie mobile, et un gamin procède au battage de la cuve.

		mètres.
Cuve en chêne cerclée de fer. . .	Diamètre en haut. . .	3' 4" = 1,014
	Profondeur.	2' 8" = 0,813

L'arbre est en bois et octogonal; il a 5" = 0^m,127 d'épaisseur; la palette inférieure a 8" = 0^m,203 de largeur; sa distance au fond de la cuve est de 2" 1/2 = 0^m,063; la palette supérieure n'a que 5" = 0^m,127; elle est séparée de la précédente par un intervalle de 3" = 0^m,076. Le rayon de la manivelle est de 10" = 0^m,254; sa longueur, 1' = 0^m,305.

Deux trous à chevilles servent à décanter l'eau claire après le battage; le premier s'ouvre à 9" = 0^m,228 du bord de la cuve; le second, à 19" = 0^m,482.

Le croquis représente le mode d'assemblage qui permet de déplacer facilement l'agitateur.

CHAPITRE IV.

DONNÉES ÉCONOMIQUES.

J'ai indiqué brièvement au chapitre I les ressources dont on dispose pour l'exploitation des mines de Lisburne; ce n'est pas ici le lieu de développer les nombreux renseigne-

ments numériques qui m'ont été libéralement fournis sur l'économie des diverses branches du travail, mais j'en extrairai les chiffres propres à caractériser les résultats obtenus sur les deux ateliers de préparation mécanique.

J'examinerai successivement les conditions financières de l'entreprise et la production des mines pendant les années 1857, 58 et 59, en réunissant d'abord Level Fawr et Frongoch, puis en étudiant séparément chaque atelier; je donnerai les frais de main-d'œuvre et leur répartition sur les diverses qualités de minerai, crop et slimes; enfin j'essaierai d'apprécier la valeur de la méthode de préparation.

Conditions financières de la compagnie. — La compagnie des mines de Lisburne comprend 400 parts (*shares*); sur chaque part les versements ont atteint 468f,75; le capital immobilisé n'est que de 187.500 francs. En novembre 1864 les mines étaient évaluées à 1 million de francs sur le marché et avaient distribué 4.275.000 francs de dividendes; soit:

Par *share* de 468f,75 ($\frac{1}{400}$).

	fr.
Dividendes acquis	10 687,50
Valeur sur le marché	2 500,00
Total	13 187,50

ce qui équivaut à 2.813 francs pour 100 francs versés à l'origine.

Sans en connaître le chiffre exact, je pense que la valeur totale des minerais vendus est comprise entre 13 et 14 millions de francs.

De son côté, le propriétaire du sol a dû recevoir plus d'un million de redevance; le taux est de 1/10 de la valeur marchande du minerai sur le carreau de la mine. Ainsi, aux mines de Lisburne l'emploi intelligent d'un minime capital de 187.500 francs a fait ressortir au profit tant des actionnaires que du propriétaire foncier un bénéfice de plus de 6 millions de francs.

Production des mines pendant les années 1857, 58, 59. — Dans le tableau n° 7 je donne, convertis en mesures françaises, les chiffres des ventes effectuées dans la période 1857-59 : poids de galène et de blende, valeurs marchandes correspondantes ; du produit brut j'ai retranché la redevance, puis la dépense totale d'exploitation, et déduit le bénéfice net acquis à la compagnie.

TABLEAU N° 7. *Production des mines de Lisburne.*

ENSEMBLE des deux ateliers.		ANNÉE 1857.	ANNÉE 1858.	ANNÉE 1859.	TOTAUX pour 1857-58 et 59.
		tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Minerais vendus (tonne de 1.000 kilogr.)	Galène.	2.318,531	2.444,044	2.453,921	7.216.496
	Blende.	278,706	153,083	112,496	544.285
		fr.	fr.	fr.	fr.
Valeur marchande		863.082,60	824.846,35	862.249,50	2.550.178,45
Redevance au propriétaire		83.112,60	79.222,80	82.071,25	245.406,15
Valeur pour la compagnie		779.970,00	745.624,05	779.178,25	2.304.772,30
Dépenses totales		568.293,75	560.988,75	553.245,85	1.682.528,35
Bénéfice net		211.676,25	184.635,30	225.932,40	622.243,95

L'exploitation de la galène et celle de la blende à Frongoch sont intimement liées, en sorte que les dépenses afférentes à la blende sont une affaire d'appréciation. D'après les registres, les ventes et bénéfices peuvent être répartis de la manière suivante :

PÉRIODE 1857 à 1859.	PRIX DE VENTE.		BÉNÉFICE.	
	Total pour les 3 années.	Moyen par tonne.	Total pour les 3 années.	Moyen par tonne.
	fr.	fr.	fr.	fr.
Galène	2.507.363,05	347,45	599.331,45	83,05
Blende	42.815,40	78,62	22.912,50	42,09
Totaux	2.550.178,45	....	622.243,95	»

Pendant la même période, le calcul montre qu'une recette de 100 francs obtenue par la vente du minerai a couvert :

	fr.
Dépenses.	65,93
Redevances.	9,66
Bénéfice.	24,41
Minerai vendu.	100,00

Elle se partage donc à très-peu près en 2/3 pour les frais et 1/3 pour la redevance et les bénéfices.

Ce sont là de beaux résultats; cependant les mines de Lisburne ont eu des époques de plus grande prospérité. J'ai rapproché les nombres précédents de ceux donnés par MM. Phillips et Darlington (*) pour une période de six ans, dont ils ne fixent pas la date, mais que je crois antérieure à 1855.

PÉRIODE.	BÉNÉFICE annuel moyen.	RAPPORTS	
		des bénéfices aux recettes = 100.	de la redevance aux bénéfices = 100.
	fr.		
Six années antérieures à 1855. .	261.930	36,28	25,62
Trois années 1857, 58, 59	207.414	24,41	39,44

Mode de vente et livraison des minerais. — Le minerai lavé admis au magasin comprend : les grenailles et schlich (*crop*), les schlamms (slimes) et à Level Fawr les résidus très-fins (halvans). Les mineurs tributors n'ont de droits que sur le crop, dont la teneur peut être regardée comme constante parce qu'elle est aussi haute que possible ; le tas de crop de chaque brigade est pesé, ce qui suffit pour établir son compte d'après le chiffre du tribute consenti par

(*) *Records of mining and metallurgy*, p. 155.

tonne de minerai lavé ; pour la vente, toutes les qualités sont soigneusement mêlées à la pelle.

Des échantillons sont prélevés, mis dans de petits sacs en toile et envoyés aux diverses usines à plomb (du Flintshire, de Bristol, etc.).

Celles-ci font leur essai, dont elles ne communiquent pas le résultat, et adressent leur offre. Le lot est acquis au plus offrant et mis à sa disposition au port d'Aberystwith. Le fret reste à la charge de l'acheteur et, selon la situation de l'usine et les cours, varie entre 4 et 7 shillings (5 francs et 8f,75) par tonne.

La galène est vendue à la tonne de 21 quintaux de minerai sec (= 2.352 livres = 1.066 kilos). Sur la mine on pèse 20 quintaux de 119 livres, soit 2.380 livres pour chaque tonne de minerai humide ; l'excédant de 28 lbs (= 2.380 — 2.352) est destiné à couvrir le déchet de route ; la galène est mise dans de bons sacs en toile et transportée par voiture à Aberystwith, où l'on détermine l'eau hygrométrique avant de procéder à l'embarquement (*).

Le fret sera payé d'après le poids du minerai humide, mais la responsabilité du capitaine se trouve engagée par la fixation du poids sec.

(*) L'essai est fait sur 3 1/2 livres avoir du poids ; la perte par dessiccation est généralement comprise entre 1 1/2 et 2 1/2 onces (de 16 à la livre), ce qui correspond à :

1 once 1/2 sur 3 1/2 lbs = 3 lbs sur 1 cwt de 112 lbs = 63 lbs sur une tonne de 21 cwts = 2,67 p. 100.

2 onces 1/2 sur 3 1/2 lbs = 5 lbs sur 1 cwt de 112 lbs = 105 lbs sur une tonne de 21 cwts = 4,46 p. 100.

Voici comme exemple deux chargements de minerai un peu plus sec que la moyenne.

Poids mis à bord. T = 21 cwts.	Poids sec. T.	cwt.	q.	Eau p. 100.
60	58	11	0	2,46
100	97	11	2	2,45

Le tableau suivant, emprunté à MM. Phillips et Darlington (p. 140),

Les dépenses occasionnées par la vente et la livraison (*) du minerai sont supportées dans la proportion d'un dixième par le propriétaire du sol ; en d'autres termes, la *dîme* qui devrait être prélevée sur place en nature est vendue par les exploitants, agissant, dans cette fiction, comme commissionnaires du propriétaire ; tel est le motif qui abaisse la redevance à 9,66, au lieu de 10, p. 100 du produit brut.

Production et frais de main-d'œuvre des ateliers de Level Fawr et de Frongoch. — Le tableau n° 8 donne pour chaque atelier : les quantités de minerai brut et de minerai marchand, le rapport de ces quantités, c'est-à-dire le rendement moyen à la préparation ; les prix de vente moyens de la tonne de 21 cwts, puis les frais de main-d'œuvre par tonne de crop, de slimes et de halvans ; dans la dernière colonne sont portées les dépenses mensuelles (A) faites sur les deux ateliers : à côté du produit A × 12, salaire des ouvriers pour l'année entière, j'ai écrit les frais totaux désignés aux registres *expenses on ore*, qui, outre ce salaire comprennent les déboursés de vente et livraison (**).

---

donne la teneur moyenne en eau hygrométrique des minerais de plomb de cinq mines du Pays de Galles.

Mines.	Eau hygrométrique par ton. = 21 cwts	Eau hygrométrique p. 100.
Lisburne	64 lbs.	2,7
East Darren	64	2,7
Cwm-Ystwith	54	2,2
Cwm Erfin	76	3,2
Goginan	102	4,3
Moyennes	72	3,0

(*) A Aberystwith, la compagnie paye un droit de port de 1 sh. = 1^{f},25 par tonne de minerai.

(**) Pour une dépense totale égale à 100, on trouve qu'en 1859 il y a eu :

Frais de main-d'œuvre	7,6
Vente et livraison	1,5
Expenses on ore	9,1

TABLEAU N° 8. — Production et frais de main-d'œuvre de la préparation mécanique à Level Fawr et à Frongoch.

Années 1857, 58, 59.

Années.	Mines.	Minerais. Nature.	Minerais. Quantité extraite.	Quantités vendues.	Rend. moyen.	Prix de vente moyen par tonne de 21 cwts.	Frais de préparation (main-d'œuvre seule) par tonne de produit. Crop.	Slimes.	Halvans.	Moyenne totale par mois.
			Kibble 8c T=21c	T. cwt. q. kil.		£ sh. d. fr.	sh. d. fr.	£ sh d. fr.	£ sh. d. fr.	£. sh. d. fr.
1857	Glogfach. Logylas.	Galène.	48.378=18.430	817 14 1= 871.997	4,43	15 11 7 =389,480	15 6 1/4=19,401	1 18 3 1/4=47,838	3 14 9 = 93,437	147 5 2 = 3691,468
	Frongoch	Galène.	55.764=21.243	1356 8 3=1446.524	6,38	15 8 8 1/2=385,367	11 2 1/4=13,984	2 13 8 3/4=67,161		A × 12 = 44.177f,50
			totaux et moyenne.	2174 2 0=2318.531		15 9 4 3/4=386,735				Dép. tot. avec frais divers.
		Blende.	....	261 7 1= 278.706		3 8 3 1/4= 85,338	10 0 =12,50			2103 19 9=52.599,81
1858	Glogfach. Logylas.	Galène.	22.358= 8.517	1214 19 3=1295.599	14,26	14 4 1 1/4=355,131	9 3 =11,562	1 5 6 =31,875	3 14 10 3/4=93,567	130 4 11=3.256,146
	Frongoch	Galène.	43.295=16.493	1076 20 0=1148.445	6,53	14 2 9 1/4=353,465		3 6 1 1/2=82,656		A × 12 = 39.073,75
			totaux et moyenne.	2291 18 3=2444.044		14 3 4 1/4=354,213	12 5 3/4=15,599			Dép. tot. avec frais divers.
		Blende.	....	142 11 2= 153.083		3 14 8 = 93,233	10 0 =12,50			1922 3 9=48.016,87
1859	Glogfach. Logylas.	Galène.	15.738= 5.995	1267 17 1=1352.044	21,14	15 1 5 3/4=376,849	9 7 3/4=12,057	1 5 8 =32,083	3 15 0 = 93,750	159 3 3=3.979,082
	Frongoch	Galène.	49 645=18.907	1033 5 0=1101 877	5,46	14 12 5 =365,620	14 0 1/4=17,526	3 8 7 1/2=85,781		A × 12=41.748,437
			totaux et moyenne.	2301 1 1=2453.921		14 17 3 1/4=371,601				Dép. tot. avec frais divers
		Blende.	....	105 10 1= 112.496		2 14 9 = 68,437	10 0 =12,50			2010 17 8=50.273,083

NOTA. — La tonne de 21 cwts T = 1066k,481.

L'examen des nombres inscrits au tableau précédent suggère plusieurs observations. De 1857 à 1859 la production de Level Fawr s'est accrue tandis que celle de Frongoch a diminué. Vers 1857 le travail en tâche à East Logylas ne donnait plus que de faibles bénéfices, et Frongoch se trouvait chargé de soutenir la production du groupe; c'est alors, qu'en 1858, le tribute a été introduit à Logylas et les rôles se sont trouvés provisoirement intervertis. Il est évident que sur la rive gauche de l'Ystwith l'avenir de la compagnie dépend de la mine de Glogfach et, sans discuter l'opportunité de l'introduction du tribute dans les travaux de Logylas, on peut tirer des résultats numériques la certitude que cette mesure a permis d'exploiter très-avantageusement les minerais qui y étaient encore en vue. Voici à cet égard quels ont été les bénéfices par tonne (21 cwts) de galène:

		ANNÉES		
		1857.	1858.	1859.
		fr.	fr.	fr.
Bénéfice par tonne. .	à Level Fawr. . .	17,94	77,97	123,18
	à Frongoch. . . .	136,34	65,21	64,43

A *Level Fawr*, le rendement du minerai sortant s'est trouvé porté de 4,43 p. 100 à 14,26; puis il a atteint 21,14 p. 100 en 1859. Les tributors sont en effet fortement intéressés à un bon triage; non-seulement ils payent le roulage de leur minerai du chantier aux trémies, mais ils savent qu'un minerai riche donnera une plus forte proportion de crop, seule qualité sur laquelle porte le tribute.

L'enrichissement du minerai sortant n'a diminué que dans une proportion restreinte les frais de préparation par tonne de produits lavés :

LEVEL FAWR.		ANNÉES 1857.	1858.	1859.
		fr.	fr.	fr.
Frais de main-d'œuvre par tonne.	Crop.......	19,40	11,56	12,05
	Slimes......	47,83	31,87	32,08

On voit même que ces frais se sont légèrement relevés en 1859, c'est-à-dire que l'on a jugé utile de consacrer à la préparation des soins de plus en plus grands.

A *Frongoch*, où le travail en tâche a été conservé, le rendement a peu varié (6,38 — 6,53 — 5,46 p. 100) ; mais les frais de main-d'œuvre sur l'atelier ont été notablement accrus, surtout pour les slimes dont le lavage est rendu difficile par la présence de la blende.

FRONGOCH.		ANNÉES 1857.	1858.	1859.
		fr.	fr.	fr.
Frais de main-d'œuvre par tonne.	Crop.......	13,98	15,60	17,32
	Slimes......	67,16	82,65	85,78

Répartition des minerais lavés en crop et slimes. — Le tableau n° 9 donne pour l'année 1859 les quantités de produits lavés qui ont été respectivement fournies à l'état de crop, slimes et halvans et les dépenses occasionnées par chaque qualité.

Tableau n° 9. — Année 1859. — *Répartition des minerais en crop et slimes* (schlichs et schlamms).

MINES.	NATURE des produits.	QUANTITÉS PRODUITES.					FRAIS DE MAIN-D'OEUVRE. Par tonne = 21 cwts.					Totaux pour l'année.				
		tonnes de 21 cwts.	cwts.	q.		tonnes de 21 cwts.	£	sh.	d.		fr.	£	sh.	d.		fr.
Glogfach........ Logylas........	Crop...............	1.100	17	1	=	1.100,821		9	7 3/4	=	12,057	581	10	2	=	13.287,708
	Slimes...............	155	0	0	=	155,000	1	5	8	=	32,083	199	1	0	=	4.976,250
	Halvans.............	12	0	0	=	12,000	3	15	0	=	93,750	45	0	0	=	1.125,000
	Totaux et moyennes.....	1.267	17	1	=	1.267,821		12	2 3/4	=	15,286	775	11	2	=	19.388,958
Frongoch.......	Crop...............	990	5	0	=	970,238		14	0 1/4	=	17,526	694	6	7	=	17.358,229
	Slimes...............	43	0	0	=	43,000	3	8	7 1/2	=	85,781	147	11	0	=	3.688,750
	Totaux et moyennes.....	1.033	5	0	=	1.033,238		16	3 1/2	=	20,364	841	17	7	=	21.046,979
	Blende...............	105	10	1	=	105,488		10	0	=	12,500	52	10	0	=	1.312,500
							Total (galène et blende).					894	7	7	=	22.359,479

Dépense totale sur les deux ateliers.

19.386f,953 + 22.359f,479 = 41.748f,437 = 1.669 £ 18 sh. 9 d.

A Level Fawr on a préparé pour la vente 1.268 tonnes de galène moyennant un salaire de 19.389 francs; à Frongoch on a payé 21.046 francs pour 1.033 tonnes; rapportés à la tonne de minerai brut et à celle de minerai marchand ces frais deviennent :

	Frais de main-d'œuvre.	
	Level Fawr.	Frongoch.
	fr.	fr.
Par tonne de minerai sortant.	3,23	1,11
Par tonne de minerai marchand	15,28	20,36

En rapprochant les données des tableaux nos 8 et n° 9, j'ai calculé quelques rapports propres à caractériser l'importance relative du travail du crop et des slimes sur chacun des ateliers.

TABLEAU N° 10.

MINES.	NATURE des produits.	RAPPORTS DÉDUITS POUR 1855 DES TABLEAUX Nos 8 ET 9.					
		Pour 100 tonnes		Pour 100 fr. payés		Coût relatif à poids égal.	Rapport des frais de main-d'œuvre au prix de vente moyen.
		vendues.	de crop.	sur l'atelier.	pour crop.		
		tonnes.	tonnes	fr.			
Glogfach.. Logylas..	Crop. . . .	86,83	100,00	68,54	100,00	100	4,0 p. 100
	Slimes. . .	12,23	14,09	25,66	37,45	266	
	Halvans. .	0,94	1,00	5,80	8,47	777	
		100,00		100,00			
Frongoch.	Crop. . . .	95,82	100,00	82,47	100,00	100	5,5 p. 100
	Sl.mes. . .	4,18	4,34	17,53	21,25	489	
		100,00		100,00			

On peut voir combien la finesse des matières accroît rapidement les difficultés du lavage. C'est ainsi qu'à Level Fawr les frais de main-d'œuvre pour un poids égal de produit marchand sont respectivement 100 — 266 — 777 selon qu'il s'agit du crop, des slimes ou des halvans; à Frongoch la tonne de slimes lavées coûte sur l'atelier 4,89 fois plus que celle de crop. Enfin, je signalerai le rapport des frais

de main-d'œuvre de la préparation au prix de vente moyen du minerai : sur une recette de 100 francs l'atelier absorbe 4 francs et 5f,50.

A quelle teneur moyenne en plomb métallique les minerais de Lisburne sont-ils amenés? C'est ce que je ne puis établir exactement, faute de connaître les résultats des essais faits par les fondeurs. Je présume que les chiffres suivants peuvent être regardés comme une limite inférieure : à Level Fawr, le crop rendrait 78 p. 100 de plomb et les matières fines 55 p. 100 ; le mélange marchand donnerait à l'essai de 75 à 76 p. 100 ; à Frongoch la présence de la blende atténue un peu la valeur des minerais ; mais eu égard à la faible proportion des slimes, il est probable que la teneur en plomb est très-voisine de la précédente.

Considérations sur la méthode de préparation. — Comme tout art industriel, la préparation mécanique doit avoir pour but de retirer de la matière brute le *maximum du bénéfice net;* l'ingénieur doit toujours subordonner la partie technique au point de vue économique.

La première question à résoudre est de déterminer dans chaque cas particulier la *teneur la plus avantageuse* que devra atteindre le minerai utile.

Pour la galène argentifère, cette teneur est toujours très-élevée.

Si l'on fond son propre minerai, les frais de main-d'œuvre et les pertes qui résulteraient à l'usine du traitement d'un schlich pauvre excéderaient les frais et pertes qu'entraînera un fort enrichissement sur l'atelier. Lorsque le minerai de plomb pauvre en argent est destiné à la vente, les tarifs des fondeurs ne laissent nulle part la moindre hésitation sur l'avantage économique offert par les plus hautes teneurs.

Ce point résolu, il s'agit d'atteindre la teneur convenable en rendant *les pertes en minerai utile aussi faibles que possible, sans exagérer les frais de l'opération.*

On peut avancer que la valeur du métal perdu à la préparation d'une tonne de minerai métallique marchand dépasse presque partout le montant des frais que l'on consacre à ce travail.

Les frais sont susceptibles d'une évaluation à peu près exacte, mais les pertes en minerai utile sur l'atelier ne peuvent être qu'appréciées, et cette appréciation est toujours très-délicate. Il est rare que l'on puisse, comme dans le cas des minerais d'étain, avoir une idée même approchée de la *teneur réelle* du minerai sortant, et hors de là l'estimation des pertes ne saurait être qu'une hypothèse.

Chercher à établir les éléments d'une pareille hypothèse me paraît cependant la meilleure marche à suivre pour étudier la valeur d'un atelier. Soit en Angleterre, soit en Allemagne, l'art de la préparation est basé sur un mélange de traditions précieuses et de préjugés nationaux : ceux-ci se traduisent par un engouement en faveur des appareils indigènes et une répulsion pour les appareils étrangers. Ces préférences, plus instinctives que raisonnées, sont souvent partagées, même à leur insu, par les ingénieurs des autres pays ; elles deviennent de véritables causes d'erreur et conduisent à trancher prématurément des questions qui ne pourraient être élucidées que par une vaste étude de la préparation mécanique comparée.

Je m'attacherai seulement ici à reconnaître l'origine des pertes, puis à caractériser leur importance par quelques nombres que je ne saurais garantir exacts, mais qui seront au moins l'expression d'une vérité relative.

Lorsque le minerai sortant n'est pas directement bon à fondre, c'est-à-dire lorsqu'on recourt à une préparation, il y a *perte inévitable*. Pour un minerai donné, la perte sur l'atelier dépend :

1° *Des conditions économiques du travail*, savoir :

Abondance de l'eau de lavage,

Configuration du sol de l'atelier,

Prix et habileté de la main-d'œuvre,
Valeur de la force motrice,
Qualité des appareils employés.
2° *De la méthode adoptée.*

Il est superflu d'insister sur l'influence des conditions économiques; elles sont évidemment satisfaisantes aux ateliers de Lisburne; elles y laissent toute marge pour le choix de la méthode dont l'importance est ainsi décisive.

Origines des pertes. A. *Écrasement par broyage.* — Tout broyage ou brocardage *écrase* une certaine quantité de minerai : les minéraux métalliques, généralement moins durs que les gangues, sont proportionnellement plus écrasés qu'elles. Toute partie *écrasée* devient flottante; elle est entraînée par l'eau soit au dehors de l'atelier soit dans les derniers résidus : aucun appareil ne peut la retenir, on doit la regarder comme *détruite* au point de vue de l'utilisation.

B. *Stérile pratique.* — En divers points de l'atelier, on rejette des matières pauvres retenant plus ou moins de minerai utile. On juge *pratiquement stérile* toute matière qui ne *payerait pas les frais ultérieurs de la préparation* (*).

C. *Les frais croissent avec la ténuité.* — Sur un atelier déterminé, les frais des lavages à exécuter sur une tonne de produits secondaires, d'une composition et d'une teneur données, sont d'autant plus élevés que ces produits sont plus ténus; c'est-à-dire que la teneur du stérile pratique fait en divers points s'accroît avec la finesse des matières élaborées en ces points.

Lorsqu'on arrive aux boues fines, le stérile est toujours d'une teneur notable à cause de sa grande ténuité et parce qu'il contient du minerai écrasé.

Ces considérations nous conduisent à énoncer le principe

(*) Parmi ces frais, il faut comprendre ceux de vente et livraison et le chiffre de la redevance.

général et incontesté : *Ne broyer que le moins possible comme finesse et quantité.* Tout broyage superflu entraîne au lavage une perte que l'on ne saurait plus éviter : on aura beau ne rejeter que de vrai stérile, exagérer les frais de préparation, le mal est irréparable ; on a stérilisé d'avance une partie de son minerai.

L'application du principe consiste à *procéder par broyages successifs en écartant avant ou entre les broyages tout le stérile possible.*

Examinons à ce point de vue capital la méthode suivie à Level Fawr.

Le triage des fragments et le cassage et triage des blocs écartent du *stérile.* On y fait deux qualités de minerai, qui sont broyées séparément ; on produit ainsi moins de galène *écrasée* que si tout était passé ensemble au cylindre.

La dissémination de la galène dans ses gangues exige que le premier *broyage gros* soit fait à 3 trous sur 4 ; le tact de l'ingénieur expérimenté est nécessaire pour déterminer cette dimension : on ne pourrait la discuter qu'en présence du minerai.

Les criblages à 3 et à 5 trous pour le menu et les criblages à 5 trous pour les matières broyées donnent *la plus grande partie du stérile* de l'atelier.

Les écumes pauvres des cribles à 3, 5 et 6 trous qui contiennent des mouches de galène sont nettement écartées de cette division de l'atelier et envoyées au bocard (ou broyage très-fin).

Les écumes riches et celle de richesse moyenne vont *séparément* aux petits cylindres subir un deuxième *broyage fin* : répétition du broyage gros des minerais triés de première et deuxième qualités.

Le criblage à 6 trous des écumes broyées écarte de nouvelles matières de bocard et des écumes pour petits cylindres, lesquelles subissent un troisième *broyage*, ou si

l'on veut une série de broyages théoriquement indéfinis.

Au bocard on a jugé que la grille à trous de 2 1/2 millimètres est assez fine pour détacher les mouches de galène, et aucun produit secondaire du lavage des slimes ne fait retour aux pilons (*).

Voici dans ces conditions quelles sont les pertes probables à Level Fawr. J'admets pour le stérile de l'atelier du crop une teneur en galène de 1. p. 100; l'atelier d'en bas recevrait, pour 100 tonnes de minerai sortant, 30 tonnes, dont 25 de matières bocardées et 5 de sables et boues d'en haut; la perte au lavage y serait de 30 p. 100 du minerai obtenu. On aurait :

100t de minerai sortant = { 21t,140 minerai marchand = { 18t,355 crop. / 2t,785 slimes et halvans. } ; 88t,860 stérile tenant. . . . . 1t,351 de galène. }

Les pertes se répartiraient :

	Stérile. Tonnes.	Teneur en galène.	Galène contenue. Tonnes.
Atelier du crop.	31,645	1,00	0,516
Atelier des slimes et halvans.	27,215	3,04	0,835
Totaux et moyenne.	88,860	1,52	1,351

En rapportant ces chiffres à 100 tonnes de minerai marchand obtenues par la préparation, on aurait comme perte :

	Tonnes.
Sur l'atelier du crop.	2,45
Sur l'atelier des slimes.	3,95
Total.	6,40

soit en nombre rond 7 parties de galène perdues pour 100 parties extraites.

(*) Dans le Cornwall, les minerais d'étain subissent un premier bocardage; les lavages subséquents donnent du schlich stannifère pyriteux, des crazes (grains d'étain et gangue adhérente) et du stérile; les crazes retournent au bocard: ainsi se trouve appliqué le principe des broyages successifs.

Je présume qu'à Frongoch la perte s'élève à 9 p. 100. Dans cette hypothèse les frais de main-d'œuvre et les pertes sur l'atelier, rapportées à un produit brut égal à 100, seraient :

	Level Fawr.	Frongoch.
Frais de main-d'œuvre.	4,0	5,5
Perte.	7,0	9,0
Totaux.	11,0	14,5

On ne saurait regarder comme onéreuse dans l'espèce une dépense totale de 10 à 15 p. 100 de la recette brute, si l'on se rappelle que la galène pauvre n'a qu'une faible valeur, que le minéral utile est très-disséminé dans ses gangues, que la blende abonde à Frongoch, qu'enfin le minerai marchand est amené à la plus haute teneur pratique. Cependant je crois que les pertes pourraient être encore atténuées en comblant quelques lacunes déjà signalées dans le cours de ce travail.

La suppression de tout cassage au marteau (*cobbing*) est une mesure grave et anormale ; elle ne saurait être justifiée que par les considérations émises antérieurement : la dissémination de la galène ne permettrait pas de faire par le cobbing une proportion notable de minerai marchand ou de stérile. Sur ce point je pose la question sans prétendre la résoudre. La dépense d'un cassage fin serait-elle couverte et au delà par les avantages suivants : faire un peu de stérile, et produire pour le broyage trois ou quatre qualités au lieu de deux seulement ?

Quant aux inconvénients qui résultent du défaut de classement de grosseur, il est aussi facile d'affirmer le mal que d'indiquer le remède.

L'installation sur les ateliers de quelques trommels classeurs divisant le menu de mine d'une part, les matières broyées de l'autre, en cinq ou six numéros, permettrait l'abandon du procédé de criblage anglais, dont l'opportunité est discutable sur quelques mines de cuivre, mais dont l'appli-

cation sur les ateliers qui nous intéressent est une faute évidente.

Aux numéros du classeur correspondraient des cribles dont le travail serait net et sur lesquels on ferait du premier coup plus de stérile ; on en obtiendrait même sur les cribles fins, tandis qu'aujourd'hui on n'ose déjà plus rejeter les écumes du criblage à 6 trous.

Accroître le stérile sur l'atelier du crop, c'est restreindre le broyage, diminuer la proportion des slimes ; c'est atténuer efficacement les pertes. Une modification de ce genre n'augmenterait pas les frais totaux de main-d'œuvre, parce que la manipulation au classeur serait compensée par la simplicité acquise aux opérations ultérieures.

Cependant toute innovation sur un atelier est une cause de perturbation dont les conséquences ne sauraient être trop mûrement pesées.

A Level Fawr on est astreint à préparer isolément pour crop les lots de chaque brigade de tributors, et le classement de grosseur serait peu pratique parce qu'il conduirait à un morcellement excessif des matières à cribler et laver.

Mais à Frongoch je ne vois aucune objection sérieuse à l'introduction des trommels classeurs ; l'aménagement ne s'y oppose point ; le Lisburne buddle n'attend que leur aide pour rendre tous les services dont il est susceptible. Ainsi complété, il me semble que l'atelier de Frongoch, bien près d'atteindre la perfection pratique, serait digne de prendre rang parmi ces établissements classiques, véritables jalons dans la voie de progrès que suit de nos jours l'art des mines.

NOTE

SUR LA FABRICATION DES RAILS EN FER.

Par M. COÜARD, ancien élève de l'École polytechnique et de l'École des mines (*).

Préliminaires. — Les tentatives faites pour améliorer la fabrication des rails en fer en France n'ont pas abouti jusqu'ici à des résultats qui aient obtenu l'approbation unanime. Cette indécision dans la marche à suivre tient au manque d'essais concluants et au défaut de publicité des observations auxquelles l'emploi des rails a donné lieu.

Depuis quarante ans que les rails en fer sont employés, on ne connaît pas encore leur durée moyenne ; les uns l'évaluent à douze ans, les autres à vingt-cinq ; les statistiques manquent presque complétement. Cette ignorance a empêché de rechercher minutieusement les conditions que doit remplir une bonne fabrication pour assurer aux rails leur durée maximum.

MM. Gruner et Lan, dans leur savant mémoire sur l'état

(*) M. Coüard nous semble ne pas avoir suffisamment tenu compte du mode de fabrication : l'exfoliation plus ou moins grande des rails provient souvent de l'insuffisance de la température dans le four de soudage. La conclusion, au sujet de l'influence des minerais *argileux* sur la qualité des rails, nous paraît trop absolue. Il se pourrait fort bien que la mauvaise qualité des rails en question dût être attribuée moins à la nature *argileuse* du minerai qu'à l'impureté spéciale du minerai employé, ou au mode vicieux de fabrication. Il est peu probable, en effet, que l'on ait choisi pour les rails des minerais argileux de première qualité. (*Note de la rédaction.*)

présent de la métallurgie en Angleterre, ont donné sur la fabrication des rails des détails précieux qui nous ont guidé dans la rédaction de cette note.

La Société des ingénieurs civils, en mettant plusieurs fois cette question à l'ordre du jour, a donné lieu à d'intéressantes communications auxquelles nous avons eu aussi recours.

Malgré tous ces importants documents, on sent trop souvent l'absence de la méthode expérimentale qui dissèque les faits complexes et étudie chacun des ressorts qui les produisent. Cette note a pour but d'indiquer les résultats d'essais auxquels cette méthode m'a conduit et de poser ainsi de nouveaux jalons qui permettront d'aller plus loin.

Minerais. — M. Flachat repousse les fers phosphoreux et siliceux, M. Alquié les recommande (*). Cette divergence d'opinions montre clairement l'état de la question : incertitude sur le choix des minerais les plus convenables à la fabrication des rails.

Il n'y a qu'un moyen de résoudre la question : étudier la nature des minerais employés dans chaque usine et mettre en regard, par exemple, les relevages faits pendant les années de garantie.

Bien que cette expérience concluante ne demande que deux ou trois ans, je ne connais cependant que peu de compagnies de chemins de fer qui l'aient faite d'une manière complète.

En France les minerais riches et purs sont rares, leur prix élevé empêche leur emploi pour la fabrication des rails en fer; les autres peuvent se classer, suivant les gangues qui les accompagnent, dans trois catégories : 1° minerais calcaires; 2° minerais siliceux; 3° minerais argileux.

Les minerais calcaires donnent les fers les plus soudants, car ils renferment en général une certaine proportion de

(*) Séance du 17 juin 1862 de la Société des ingénieurs civils.

phosphate de fer ou de chaux. Ces minerais sont en général des hydroxydes d'un faible rendement qui varie de 20 à 32 p. 100. Leur gisement appartient au terrain oolithique ou au lias.

Les minerais siliceux offrent un très-grand nombre d'espèces : les uns sont des hématites rouges très-pures et très-riches, les autres sont des hydroxydes, d'un faible rendedement, souvent accompagnés de pyrite et de blende.

Les minerais argileux donnent des fers nerveux comme les précédents, seulement d'une soudure plus difficile surtout lorsqu'ils renferment un peu de blende. Les minerais pisolithiques du Berri peuvent servir de type à cette classe de minerais.

Influence des corps étrangers. — Pour se rendre un compte exact de la valeur de chacune de ces sortes de minerais, il faut étudier d'abord le rôle des corps étrangers qu'ils renferment.

Rôle du soufre. — Le soufre rend le fer cassant à chaud et l'empêche de se souder; 4 à 5 millièmes sont des proportions énormes qui rendent le fer impropre à aucun usage; une teneur de soufre à peine appréciable modifie déjà la nature du fer. Les fers sulfureux se laminent difficilement et constituent ce que l'on appelle les fers rouverains.

Rôle du silicium. — Le silicium augmente la dureté du fer et par suite le rend cassant à froid, sa proportion peut s'élever jusqu'à 6 p. 100 dans les fontes; les fontes grises contiennent plus de silicium que les fontes blanches : dans les premières la proportion varie de 3 à 6 p. 100, dans les secondes de 2 à 3 p. 100.

Rôle du phosphore. — Le phosphore produit les mêmes effets, mais avec plus d'intensité : 2 à 3 millièmes ont peu d'influence sur la nature du fer, 7 millièmes le rendent cassant. Les fers phosphoreux sont très-soudants et se travaillent facilement à chaud. Les minerais phosphoreux ont une propriété qui les rend très-précieux dans les lits de

fusion : mêlés avec des minerais pyriteux, ils corrigent l'influence rouveraine du soufre.

Les minerais calcaires et phosphoreux conviennent seuls à la fabrication des rails. — Tous ces minerais de nature si différente ne sont évidemment pas également propres à la fabrication des rails. Si un minerai est bon à la fabrication du fil de fer, il donnera un rail mou s'écrasant sous le poids des trains; si c'est un minerai donnant des fers forts, qui exigent un martelage soigné pour être bien soudés, on risquera, avec les moyens économiques qu'impose le bas prix des rails, d'obtenir des rails mal soudés.

A priori il est donc évident que dans les circonstances actuelles il importe à une bonne fabrication d'avoir un minerai spécial; c'est malheureusement ce que n'ont pas compris certains maîtres de forges qui, alléchés par les bénéfices faits par d'autres usines, ont voulu fabriquer des rails avec des minerais excellents pour fers marchands, mais médiocres pour des rails.

Le fer d'un rail doit être bien soudé, dur et facile à travailler à chaud : d'après ce que nous avons vu plus haut, les fers phosphoreux remplissent seuls toutes ces conditions.

Les feux phosphoreux provenant des minerais à gangue calcaire, le carbonate de chaux est généralement uni au phosphate.

En France les minerais calcaires sont très-abondants, surtout dans la couche du lias, où ils se présentent sous la forme oolithique.

Le simple raisonnement conduit donc à l'emploi des minerais calcaires, la pratique le confirme.

Les forges garantissent leurs rails aux compagnies de chemins de fer pendant un temps qui varie de deux à cinq ans; les relevages faits pendant ces années de garantie vont nous indiquer quels sont les minerais qui donnent les meilleurs rails : ils sont consignés dans le tableau n° 1 en regard des lits de fusion.

Numéros des mines.	LITS DE FUSION. Nature des minerais	p. 100.	ANALYSES DES MINERAIS. SiO^3	Al^2O^3	CaO	MgO	Fe^2O^3	MnO^4	S	Perte au feu.	Rendement.	OBSERVATIONS.	PHOSPHORE dans la fonte.	COULEUR de la fonte.	RELEVAGES de rails pendant les 2 ans de garantie.
1	Minerai calcaire. . . .	91	7,20	7,50	8,40	»	62,90	»	»	14,00	40 %		1,400	grise	0,50 %
	Castine.	9	»	»	»	»	»	»	»	»					
		100													
2	Minerai calcaire. . . .	64	10,86	5,43	19,90	0,90	59,87	0,88	0,19	21,97	25	Contient du phosphore à l'état de phosphate de fer.	1,170	blanche	1,71
	Minerai siliceux. . . .	3,5	22,14	8,44	»	»	58,31		»	10,43	38	Contient 0,68 p. 100 de sulfate de baryte.			1,79
	Idem.	3,5	26,86	3,14	0,72	0,34	54,48	4,66	»	9,80	35	Minerai un peu arsenical. . . .			
	Idem.	3	9,50	4,78	2,95	0,51	66,77	0,47	»	15,02	40				
	Scories de forge. . . .	18	»	»	»	»	»	»	»	»	44				
	Minerai argileux. . . .	5	11,38	10,42	0,96		62,72	»	0,02	14,50	40				
		100													
3	Minerai calcaire. . . .	18	8,05	8,92	30,25	»	27,26	»	»	26,42	18		?	grise	4,60
	Idem.	18	5,24	2,36	15,15	»	62,60	»	»	14,05	42				5,60
	Minerai siliceux grillé.	46	30,70	4,25	0,35	»	59,20	»	»	5,10	40	Renfermait beaucoup de baryte avant le grillage.			15,70
	Castine.	18	2,47	1,09	52,27	1,12	1,02	»	»	42,03					
		100													
4	Minerai calcaire. . . .	8	8,80	8,00	15,80						30		0,978	blanche	12,90
	Minerai siliceux. . . .	8	3,00	0,80	1,90						50				11,30
	Idem.	8	17,50	5,00	13,70						30				24,20
	Idem.	21	16,30	5,70	9,00						45				
	Idem.	8	15,20	6,60	1,30						50				
	Idem.	19	25,40	7,10	2,80						32				
	Scories de forge. . . .	6	39,40	1,30	»						50				
	Castine.	22	15,00	7,10	42,30										
		100													
5	Minerai argileux. . . .	58 ?	10,50	10,20	»		61,60			15,20	40	Renferme toujours un peu de blende.	?	blanche	52,60
	Idem.		18,00	11,40	»		53,10			14,50	34				
	Idem.		7,00	9,60	9,70		53,60			17,50	34	Minerai très-phosphoreux. . . .			
	Scories de forge. . . .	12	33,00	»	»		63,00			»	40				
	Castine.	30 ?	4,60	2,00	53,00		»			41,20	»				

Les relevages faits pendant les délais de garantie ont été, d'après ce tableau, extrêmement faibles dans les usines qui ont employé des minerais calcaires, plus considérables dans celles qui ont employé des minerais siliceux; mais la proportion a dépassé 50 p. 100 pour une usine qui n'a employé que des minerais argileux.

L'examen minutieux de rails enlevés des voies nous a donné les résultats suivants :

TABLEAU N° 2.

Numéros des usines.	NATURE des minerais.	PROPORTIONS POUR 100 RAILS RELEVÉS					NOMBRE de rails relevés.
		écrasés.	exfoliés.	dessoudés.	cassés (1).	Défauts divers.	
2	Minerais calcaires. .	18	11	25	39	7	1193
3	Minerais calcaires et siliceux.	52	19	4	15	10	107
4	Minerais siliceux. . .	54	23	3	14	6	101
5	Minerais argileux. . .	20	20	20	29	11	213

(1) Par rails cassés je désigne les rails dont des parties de champignon se sont détachées.

Si l'on rapproche le tableau 2 du tableau 1, on peut déduire par de simples proportions les quantités de rebuts de chaque nature que 1.000 rails donneraient pendant la garantie.

TABLEAU N° 3.

Numéros des usines.	NATURE des minerais.	RAILS RELEVÉS PENDANT LA GARANTIE						RAILS conservés sur la voie.
		écrasés.	exfoliés.	dessoudés.	cassés.	Défauts divers.	Total.	
2	Minerais calcaires. .	3	2	5	8	2	20	980
3	Minerais calcaires et siliceux.	42	15	3	12	8	80	920
4	Minerais siliceux. . .	97	41	6	25	11	180	820
5	Minerais argileux. . .	104	104	151	104	57	520	480

Ces deux tableaux mettent en relief les parties faibles de chaque fabrication : les rails des minerais calcaires se détériorent très-peu; la seule cause de détérioration, comme nous le verrons plus loin, réside dans l'imperfection de la *soudure*; le fer de minerais siliceux manque de dureté, et les rails s'écrasent; les rails de minerais argileux s'écrasent aussi facilement, et de plus sont bien moins soudés.

Pour connaître complétement la nature du fer qui donne de bons rails, il ne nous reste plus qu'à déterminer la densité, la flexibilité, la résistance et l'aspect de la cassure des produits des différentes usines citées.

TABLEAU N° 4. — *Densité des rails.*

NUMÉROS des usines.	NATURE DES MINERAIS.	DENSITÉ des rails.
2	Minerais calcaires.	7,525
3	Minerais calcaires et siliceux.	7,591
4	Minerais siliceux.	7,619
5	Minerais argileux.	7,485

Les minerais siliceux donnent des rails très-denses, d'une

densité voisine de celle du bon fer forgé (7,7) ; les minerais calcaires et argileux ont une densité plus faible, qui se rapproche de celle de la fonte blanche (7,5).

Tableau n° 5. — *Flexibilité.*

CHARGES.	RAILS VIGNOLE. $\left(\frac{I}{V} = 0{,}000154779\right)$				RAILS A CHAMPIGNONS INÉGAUX. $\left(\frac{I}{V} = 0{,}000118862\right)$			
	Minerais calcaires.		Minerais siliceux.		Minerais calcaires.		Calcaires siliceux.	
	Flèches		Flèches		Flèches		Flèches	
	mobiles.	persistantes.	mobiles.	persistantes.	mobiles.	persistantes.	mobiles.	persistantes.
tonnes.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.
15.000	0,00222	0,00082	0,00263	0,00036	0,00311	0,00065	0,00454	0,00195
20.000	0,00297	0,00054	0,00135	0,00127	0,00514	0,00213	0,01618	0,01265

OBSERVATIONS.

Dans ces essais, la charge est appliquée sur le milieu du rail reposant sur deux couteaux espacés de 1 mètre.

I moment d'inertie.

V ordonnée de la fibre la plus fatiguée.

Les rails les moins flexibles sont ceux des minerais calcaires; les plus flexibles sont ceux des minerais siliceux.

Résistance au choc. — Les premiers sont très-fragiles; ceux de l'usine (1) ne résistent guère qu'à 1m,30 de hauteur de chute d'un mouton de 300 kilogrammes; ceux de l'usine (2) à des hauteurs comprises entre 1m,70 et 2 mètres.

Les rails de minerais siliceux sont au contraire très-résistants; ceux des usines (3) et (4) résistent à des hauteurs de 5 mètres.

Aspect des cassures. — Enfin, si l'on considère les cassures faites par une flexion lente produite par une presse hydraulique (*), les rails de minerais calcaires sont les seuls qui

(*) Dans toute cette note, il ne sera question que des cassures

donnent des cassures à gros grain brillant, homogène; les autres présentent des cassures d'autant plus nerveuses que les minerais employés sont plus siliceux.

Résumé. — En résumé, les meilleurs rails ont été produits avec des minerais calcaires; les rails sont durs, à grain gros et brillant dans la cassure, de même densité que les fontes blanches, résistant à des hauteurs de chute d'un mouton de 300 kilogrammes, comprises entre $1^m,30$ et 2 mètres. Ils ont, comme corollaire de leur densité et de leur fragilité, un faible coefficient d'élasticité, qualité précieuse dans le service; enfin, leur fer est très-soudant, et les relavages sur la voie pendant la garantie sont à peu près insignifiants.

Les minerais siliceux donnent au contraire des rails mous, s'écrasant sur la voie, nerveux dans la cassure, très-denses, très-flexibles, très-résistants, bien soudés. Les relevages peuvent être considérables et s'élever jusqu'à plus de 20 p. 100.

Quant aux minerais argileux, ils ont donné des rails détestables à tous égards.

Si maintenant on veut chercher à expliquer les différences si bien tranchées dans les résultats obtenus, on peut dire que les minerais calcaires ne doivent les qualités précieuses qu'ils donnent aux rails qu'à la présence du phosphore qui y est renfermé à l'état de phosphate de fer ou de chaux.

Quant à l'influence bienfaitrice du silicium sur la qualité des rails, indiquée par quelques personnes, on ne peut la tirer comme conclusion des faits précédents.

Le soufre est nuisible à la soudure; c'est probablement autant à sa présence qu'à l'emploi des minerais argileux que l'usine (5) a donné des résultats aussi déplorables. Néanmoins le soufre n'a pas empêché l'usine (3) de fabri-

produites de cette manière, car tout le monde sait que l'aspect d'une cassure dépend énormément de la manière dont elle est produite.

quer d'assez bons rails ; il faut ajouter, il est vrai, que la présence d'une certaine proportion de minerais calcaires a dû corriger l'influence souveraine du soufre par le phosphore qu'ils devaient renfermer.

Fabrication de la fonte. — Nous venons de démontrer que les minerais calcaires et phosphoreux sont ceux qui doivent être recherchés pour la fabrication des rails; partant de là, il nous reste à rechercher dans chacun des nombreux détails de la fabrication les circonstances qui peuvent exalter les deux principales qualités d'un rail : la soudabilité et la dureté.

En Angleterre, on fabrique des rails à tous les prix, depuis les rails dits *américains*, qui se vendent 125 francs la tonne, jusqu'aux rails indiens, dont le prix s'élève à 250 francs. Pour les premiers on emploie des fontes blanches venant de lits de fusion qui renferment 40 à 50 p. 100 de scories; pour les seconds, les fontes sont grises, et les lits de fusion contiennent moins de 20 p. 100 de scories de forge. Partout, du reste, les hauts fourneaux marchent au coke, quelquefois à la houille crue, avec un vent chaud dont la température varie de 350 à 400°.

Les fontes grises contiennent plus de silicium; elles exigent un puddlage plus long, qui rend l'épuration du fer plus complet.

L'allure froide donne, au contraire, des fontes très-blanches, caverneuses, s'affinant trop rapidement, et les fers qui en proviennent sont mal épurés, et dans ce dernier cas, ils offrent un grain qui rappelle celui de la fonte.

En France, les hauts fourneaux marchent à peu près dans les mêmes conditions; ils produisent des fontes blanches qui sont plus économiques; néanmoins, dans les usines qui donnent les meilleurs rails, on se rapproche le plus possible de la fonte grise. La proportion de scories est en général assez faible, elle ne dépasse pas 20 p. 100; une plus forte quantité rend l'allure trop froide.

Puddlage. — Nous venons de dire que pour obtenir de bons fers à grain, il fallait des fontes grises, et que le bas prix de vente pousse au contraire à obtenir des fontes blanches.

Dans le puddlage des fontes blanches, le déchet est de 12 à 13 p. 100, et la consommation de la houille de 750 kilogrammes environ par tonne de fer; le nombre de charges est de 10 à 11 par douze heures.

Si au contraire on traite un mélange de fontes blanches et de fontes truitées, et qu'on veuille obtenir des fers à grain, le déchet est de 18 p. 100, la consommation de 807 kilogrammes, et le nombre de charges n'est plus que dc 9; ce qui explique l'augmentation de combustible.

Il faut bien se garder de confondre le fer à grain bien affiné avec le fer à grain incomplétement affiné, dont le grain ressemble à celui de la fonte; le premier se soude très-bien, l'autre très-mal; l'un est assez résistant, l'autre très-cassant.

Les expériences suivantes mettent en relief les propriétés des différentes qualités de fer que peut produire le puddlage d'une même fonte.

On classa en quatre catégories les fers puddlés provenant d'une même fonte à rails, et l'on composa des paquets pour rails Vignole presque entièrement avec chacune de ces sortes de fer; la couverture cannelée du patin et les deux mises contiguës étaient seules en fer corroyé ou fer nerveux, comme pour une fabrication courante.

Les résultats des essais au choc, à la flexion au duromètre, sont traduits par le tracé graphique (Pl. IV, *fig.* 1).

De ces essais on peut conclure :

1° La résistance à la flexion est maxima pour les fers à grain brillant;

2° La rigidité est maxima pour les mêmes fers;

3° La résistance au choc va en augmentant des fers à grain de fonte aux fers nerveux;

4° Les fers de quatrième choix n'atteignent pas la résistance exigée ($1^m,50$) par les cahiers des charges;

5° La dureté varie en raison inverse de la résistance au choc.

Ces essais furent poussés plus loin : on chauffa fortement un certain nombre de rails, et peu une autre quantité égale; nous arrivâmes ainsi à cette autre conclusion :

6° Les fers qui se soudent le plus facilement sont les fers grenus, et surtout les fers à grain brillant.

Il ne faudrait pas, du reste, se méprendre sur la soudure apparente du fer à grain de fonte. Dans un grand nombre de rails à double champignon posés sur la ligne de Paris à Lyon, la couverture s'est détachée en une longue lanière d'un bout à l'autre du rail; ces rails présentaient tous, dans la couverture et le corps du rail, le grain de fonte. Les rails à grain brillant n'ont jamais présenté ce défaut.

Forme du four à puddler. — On a souvent agité la question de savoir si, au point de vue de l'affinage, le four à puddler à courant d'air est préférable ou inférieur au four à puddler à courant d'eau. Le Creusot a fait l'expérience en grand; le seul avantage qu'il ait trouvé est une économie d'entretien pour les fours à courant d'eau. La qualité du fer obtenu a été la même dans les deux appareils.

Paquetage. — Les paquets de tous les rails sont maintenant ramenés à un type uniforme, qui ne reçoit que de légères modifications dans les différentes usines.

Le profil du paquet dépend seul du profil du rail.

Les trois paquets représentés par les *fig.* 2, 3 et 4 sont ceux des trois types actuellement employés. Cette disposition de paquets ne laisse rien à désirer au point de vue de la facilité de la soudure,

Épaisseur de la couverte. — La question la plus importante que soulève le paquetage est celle de l'épaisseur de la couverte.

Les résultats fournis par l'expérience, qui me sont par-

venus, ne sont encore ni assez précis ni assez concluants pour la résoudre définitivement.

Aux essais, j'ai trouvé des rails des trois types parfaitement soudés.

Les relevages faits jusqu'à présent sur la ligne de Lyon ont donné la répartition suivante des motifs de rebut :

TABLEAU N° 6.

MOTIFS DE REBUT.	RAILS VIGNOLE.		RAILS A DOUBLE CHAMPIGNON.	
	Rails relevés (6 mètres).	Pour 100 rails relevés.	Rails relevés (5 mètres).	Pour 100 rails relevés.
Rails cassés	155	11	60	13
Rails écrasés	277	19	96	21
Rails dessoudés	225	15	59	13
Rails effeuillés	153	10	163	36
Rails abîmés aux extrémités, pouvant être recoupés à 5m,00	506	35	»	»
Rails abîmés aux extrémités, pouvant être recoupés à 3m,75	136	10	73	17
Totaux	1.452	100	451	100

D'après ce tableau, les rails à double champignon s'exfolient beaucoup plus que les rails Vignole; ceux-ci, de leur côté, se détériorent davantage à leurs extrémités. Nous verrons plus loin à quoi tient ce dernier défaut.

L'exfoliation provient de la séparation des mises de la couverte. Les nombres précédents montrent que ce défaut n'a pas le temps de se produire dans le rail Vignole; la couverte se sépare auparavant du corps du rail, ce qui se traduit d'abord par une dessoudure, puis par un aplatissement, puis enfin par une cassure du champignon, si le rail n'est pas retiré de la voie. Il semblerait donc que la couverte du rail Vignole est moins bien soudée que celle du rail à double champignon, c'est-à-dire qu'une couverte de 32 millimètres se soude moins bien qu'une couverte de 28 millimètres.

Les relevages qui ont été faits jusqu'à présent semblent confirmer ce fait : des rails à double champignon ont donné de 2 à 3 p. 100 de rebuts pendant les délais de garantie ; des rails Vignole, fabriqués à la même usine à la même époque, ont donné de 4 à 5 p. 100 de rebuts.

Il pourrait se faire cependant qu'une couverte de 50 millimètres, comme celle qui est indiquée dans le paquet pour rails à champignons inégaux, donnât de bons résultats, car ici le laminage à froid, qui met en relief les défauts de soudure, est rendu plus difficile par la forte épaisseur de la couverte, et de plus les flexions répétées du rail ont moins d'influence sur la dessoudure, la surface de soudure étant plus rapprochée de l'axe neutre.

Pour le moment, les résultats connus ne sont pas assez complets pour servir de base à une conclusion définitive.

Couverte. — Les paquets pour couverte ne doivent renfermer que du fer à grain premier choix.

Composition du paquet. — Le nombre des mises varie de 9 à 13. Ce dernier nombre est préférable, car, pour une même largeur, il donne une section plus grande et exige un corroyage plus considérable.

Le moindre défaut de la couverte peut empêcher sa soudure avec le reste du rail ; il faut donc rejeter toutes les couvertes qui offrent des soufflures ou des criques attestant une épuration du fer incomplète.

Laminage de la couverte. — Tout récemment, les communications de M. Alquié à la Société des ingénieurs civils ont fait soulever cette question : Vaut-il mieux laminer le paquet de la couverte sur plat ou sur champ ?

M. Alquié est pour l'emploi des couvertes laminées sur champ ; il dit avec raison que le laminage sur champ tend à resserrer les mises au lieu de les faire glisser l'une sur l'autre. L'expérience a été faite devant moi : les couvertes laminées sur champ étaient mieux soudées que les couvertes laminées à plat. M. Alquié donne comme conséquence de ce

mode de fabrication, que si quelques mises de la couverte sont mal soudées, elles ne tardent pas à s'enlever en lanières et à compromettre toute la surface de roulement.

Il y a quelques années la compagnie de Lyon avait fait fabriquer des rails avec des couvertes laminées de champ, qui ont depuis donné de mauvais résultats; des portions de champignon se détachaient. Mais cet essai n'a rien de concluant, car il a été fait dans une usine qui fabrique de mauvais rails avec le procédé ordinaire.

Le procédé prôné par M. Alquié est d'autant plus recommandable, que les excellents résultats qu'il a donnés sur les lignes du Nord confirment les déductions théoriques.

Composition du reste du paquet. — Les figures n°s 2, 3 et 4 indiquent la composition du reste du paquet : les deux mises placées sous la couverte doivent être de même nature que le fer de la couverte, car la soudure est plus facile entre deux fers de même nature, et l'on doit par tous les moyens possibles éviter la dessoudure de la couverte, défaut qui fait périr tôt ou tard les trois quarts des rails en service. Le reste du paquet est composé *ad libitum* de fer corroyé et de fer puddlé. Les deux barres de 50 millimètres de largeur, qui forment les bords de la première mise sous la couverte, sont indiquées sur les figures en fer à grain corroyé; on évite de cette façon les criques.

Le patin du rail Vignole et le petit champignon du rail à champignons inégaux doivent être nerveux pour donner de la résistance au rail. La soudure est, du reste, moins importante pour cette partie du rail.

Pour faciliter le laminage du patin, certaines usines emploient, comme l'indique la figure 3, une couverte cannelée.

Dans d'autres usines cette couverture est remplacée par deux fers carrés, comme l'indique la figure n° 8.

Poids des paquets. — Le poids des paquets joue un rôle important dans la qualité des produits obtenus.

Nous avons vu par le tableau 6 que dans les rails relevés sur le réseau de Lyon, il y avait pour les rails Vignole 45 p. 100 de rails qui n'étaient abîmés qu'à une extrémité et pour les rails à double champignon seulement 17 p. 100 qui avaient subi la même détérioration.

Une remarque importante, c'est que dans *tous* ces rails qui peuvent être recoupés, la détérioration a lieu sur l'extrémité du rail sortie la dernière du laminoir.

Le seul moyen d'obvier à ce défaut est d'augmenter la longueur de la rognure, c'est-à-dire le poids du paquet : le tableau suivant indique les poids donnés aux paquets dans différentes usines.

TABLEAU N° 7.

	USINE N° 2.				USINE N° 1.		USINE N° 3.		USINES anglaises.	
	Rail Vignole.		Rail à double champignon		Rail Vignole.		Rail Vignole.		Rail Vignole.	
	kil.	p. 100.	kil.	p. 100	kil.	p. 100.	kil.	p. 100.	kil.	p. 100.
Poids des paquets. . .	250	100,0	220	100	265	100	263	100	267	100
Poids du rail fini. . . .	216	86	187	85	216	81,4	216	82	210	79
Déchet total.	34	14	33	15	49	18,6	47	18	57	21
Déchet au feu.	12	5	11	5	21	8	21	8	21	8
Rognures : poids. . . .	22	9	22	10	28	10,6	26	10	36	13
Longueur.	0m,61		0m,58		0m,78		0m,72		1m,00	

On voit que les usines 1 et 3 et les usines anglaises atteignent la proportion de 10, 11 et même 13 p. 100 pour les rognures, ce qui donne pour des rails de 6 mètres, à 36 kilogrammes le mètre, 0m,70, 0m,80 et 1 mètre de longueur totale des recoupes.

L'usine n° 2 a bien atteint cette proportion de 10 p. 100 pour des rails à double champignon, tandis qu'elle n'est

arrivée qu'à 9 p. 100 pour les rails Vignole; l'effet de ce changement est mis en évidence par le tableau n° 6 qui a été dressé avec des rails de cette usine ; les rails Vignole relevés ont donné 45 p. 100 de rails à recouper, et les rails à double champignon seulement 17 p. 100. Cette différence explique déjà en partie pourquoi les rails Vignole ont donné plus de rebuts dans les délais de garantie que les autres rails.

En imitant les autres usines, l'usine 2 aurait dû porter le poids des paquets pour rails Vignole au moins à 256 kilogrammes; elle aurait diminué de près de moitié ses rebuts.

Nous n'insisterons pas sur les autres soins à donner au paquetage. Pour que la soudure du rail soit facile, il est nécessaire que les barres soient bien dressées et leurs bouts bien cisaillés d'équerre pour qu'il n'y ait aucun vide.

Les rognures des barres ne doivent être tolérées que dans le centre du paquet et à la condition que leurs extrémités soient bien affranchies. Les cahiers des charges sont, du reste, explicites sur ce sujet.

Chauffage. — Quoi qu'en disent certains maîtres de forges qui ne donnent qu'une seule chaude, les chances de soudure augmentent avec le nombre de chaudes que reçoit le paquet. Quelques usines françaises donnent deux chaudes comme toutes les usines anglaises; le déchet au feu est alors de 8 p. 100 au lieu de 5 p. 100 qu'il est quand il n'y a qu'une seule chaude.

La forme des fours à réchauffer est à peu près la même partout : ce sont des fours à réverbère dont les dimensions sont en général les suivantes :

	GRILLE.	SOLE.	SECTION de la cheminée.
Surface..........	0,76	2,90	0,32
Rapport..........	1,00	3,82	0,42

Tantôt il y a deux portes, tantôt unè seule.

Le tirage est produit par un courant d'air, force arrivant sous la grille avec une pression de 12 centimètres d'eau ou bien par de la vapeur d'eau. Cette dernière disposition permet de ne décrasser qu'une fois en douze heures, rend les crasses moins adhérentes et produit. à ce qu'il paraît, une économie de 20 à 30 kilogrammes de charbon par tonne de fer.

Les charges sont de 4 paquets : quand les paquets ne reçoivent qu'une seule chaude, on peut faire 18 charges par vingt-quatre heures ; pour deux chaudes on ne peut en faire que 13 ou 14.

Dans une usine française, on a essayé dernièrement un four à réchauffer à trois portes, qui permet de réchauffer à la fois 7 paquets. Avec ce four les paquets se chauffent moins rapidement et plus longtemps, et la soudure est meilleure.

Martelage. — Dans presque toutes les usines françaises, l'opération du martelage a disparu de la fabrication des rails, et le laminage se fait après une seule chaude; cette manière d'opérer est contraire à une bonne soudure. Quoi qu'en disent les maîtres de forges intéressés à fabriquer le plus économiquement possible, le martelage peut seul donner une soudure parfaite. Sous le marteau, le fer de la couverte et celui des mises se pénètrent et forment un véritable assemblage qui, à défaut de soudure, suffirait à les tenir réunis. Le laminage tend au contraire à faire glisser les mises les unes sur les autres, et il arrive quelquefois que sur la voie la couverte se détache d'une seule pièce.

Laminage. — Le laminage, venons-nous de dire, tend à faire glisser les mises les unes sur les autres; il y a une manière d'atténuer ce défaut, c'est de laminer les paquets de champ; ce glissement ne se produit pas, et la soudure est meilleure.

Tout paquet sortant du four devrait donc passer de champ dans la première cannelure dégrossisseuse; c'est ce qui n'a

généralement pas lieu ; le passage du champ se fait dans la troisième et la quatrième cannelure du trio ; à ce moment l'effet soudant du laminoir est presque nul.

On ne peut rien dire de général sur la disposition des cannelures des laminoirs, un système de cannelures qui donnera de bons résultats dans une usine en donnera de mauvais dans une autre ; il faut avant tout tenir compte de la nature du fer employé.

Dressage à chaud. — Il est très-important que le dressage à chaud soit parfaitement soigné. Si le rail est à champignons égaux, rien n'est plus facile, le rail est dressé à coups de masse sur une table en fonte placée devant les scies. Si le rail est à champignons inégaux ou à patin, il faut lui donner à chaud une courbure qui soit calculée de façon que le rail refroidi soit parfaitement droit.

Sciage à chaud. — Les rails dressés sur la table de fonte sont sciés à la fois aux deux bouts par deux scies circulaires.

Nous avons vu plus haut que pour un rail de 6 mètres la rognure totale devait avoir environ $0^m,80$ de longueur, et comme c'est l'extrémité sortie la dernière du laminoir qui est la moins bien soudée, il faut avoir $0^m,50$ de rognure à cette extrémité et $0^m,30$ à l'autre. Cette dernière rognure doit être seulement assez forte pour qu'il ne reste pas de criques sur le rail.

Finissage. — Cette dernière partie du travail se fait à peu près de la même manière dans toutes les usines et laisse généralement peu à désirer.

Réception. — Essais. — Les conditions des essais que doivent subir les rails et les défauts qui motivent les rebuts lors des réceptions sont indiqués tout au long dans les cahiers des charges ; je n'insisterai ici que sur l'influence du mode de réception.

La soudure est la première qualité d'un rail; elle est constatée par les essais à la flexion et au choc sur un centième

de la fabrication ; de plus l'examen minutieux de chaque rail fait par l'agent réceptionnaire élimine les rails qui présentent des *apparences* de dessoudure.

Cette réception ainsi faite donne des résultats tout à fait illusoires; les apparences de dessoudure sont la plupart du temps trompeuses, un fabricant intelligent peut même rendre ce défaut complétement invisible dans certains cas.

Il n'y a qu'une seule manière de reconnaître pratiquement si un rail est soudé, c'est de l'essayer comme les fers puddlés ; casser une extrémité et examiner la cassure.

A première vue cette méthode paraît inadmissible ; rien n'est plus facile cependant. La rognure sortie la dernière du laminoir doit avoir, comme nous l'avons vu plus haut, $0^m,50$ à $0^m,60$ de longueur; rien n'empêche, au lieu de la scier complétement à chaud, de ne donner qu'un léger coup de scie qui permette de la casser à la machine à dresser : le contrôleur examinera les cassures, poinçonnera les rails bien soudés, et sera sûr de sa réception.

Cette opération se fera à très-peu de frais, sera même lucrative pour l'usine, car elle supprimera les rebuts que l'incertitude des agents est obligée de faire pour des motifs spécieux et presque tous les relevages faits sur les voies pendant les années de garantie. Il faut remarquer en effet que la cassure a lieu de cette manière juste à l'endroit où le rail est le moins soudé.

Influence de la température sur la résistance au choc. — Tous ceux qui ont essayé beaucoup de rails au choc sont convaincus que les rails sont plus fragiles l'hiver que l'été : aussi sommes-nous étonné que dans les dernières séances des ingénieurs civils un membre (M. Love) ait dit :

« Toutefois nous ferons remarquer que dans les épreuves « que l'on fait subir aux rails, nous ne pensons pas qu'il y « ait lieu, ainsi que le croit M. Goschler, de tenir compte « d'une différence de température de quelques degrés,

« puisque l'expérience directe a constaté que chauffé à une
« température de 271°, le fer ne gagne que les 0,07 de sa
« résistance. »

J'ignore dans quelles conditions cette expérience directe a eu lieu, mais j'ai fait moi-même un grand nombre d'expériences directes qui m'ont toutes conduit à un résultat différent.

Des rails essayés au mouton, l'été, furent essayés de nouveau, l'hiver, et je fis les corrections nécessaires pour tenir compte de la variation de résistance dans un même rail d'une extrémité à l'autre et suivant la longueur du bout essayé, et j'appliquai aux résultats la formule

$$R_t = \frac{R_t'}{1 + \alpha(t - t')}$$

d'où

$$\alpha = \frac{R_t'}{R_t} + \frac{1}{t - t'} - 1$$

Dans les expériences dont le tableau n° 8 iudique une partie, chaque moitié de rail recevait le choc d'un mouton de 300 kilogrammes d'abord à une hauteur de chute de $1^m,50$, puis à des hauteurs qui croissaient de $0^m,20$ jusqu'à la rupture ; les rails essayés l'été étaient de nouveau essayés l'hiver; seulement la première fois les bouts essayés avaient $2^m,50$ de longueur et la seconde seulement $1^m,50$: de là une différence sensible dans la résistance. Des expériences préliminaires ont été faites et ont montré que la barre de $1^m,50$ n'avait que les 0,9 de la résistance de la barre de $2^m,50$; la colonne indiquée *correction* ramène la résistance de la barre de $2^m,50$ à ce qu'elle aurait été pour une barre de $1^m,50$.

TABLEAU N° 8.

Numéros des essais.	ESSAIS du mois d'août 1864.				ESSAIS du mois de février 1865.			$t-t'$	$1+\alpha(t-t')$	α
	Cassures.	Moyennes.	t	Correction.	Cassures.	Moyennes.	t'			
	mètres.	mètres.	degrés.	mètres.	mètres.	mètres.	degrés.	degrés.	mètres.	
1	4,00 3,30	3,65	+ 36	3,30	1,70 1,90	1,80	— 6	42	1,83	0,0198
2	3,70 3,90	3,80	+ 30	3,43	1,90 1,90	1,90	— 6	36	1,81	0,0225
3	3,50 3,50	3,50	+ 32	3,15	1,70 1,90	1,80	— 6	38	1,75	0,0198
4	3,50 2,70	3,10	+ 36	2,80	1,70 1,90	1,80	— 6	42	1,56	0,0133
5	3,90 3,30	3,60	+ 29	3,25	1,70 1,90	1,80	— 6	35	1,80	0,0230
	Coefficient moyen d'augmentation de résistance par degré. . . .									0,0197

De ces essais on peut conclure que le coefficient α est égal à 0,02.

Si maintenant nous partons de la résistance de $1^m,50$ que les cahiers des charges exigent par une température moyenne, de 15°, par exemple, à — 10°, cette résistance deviendra

$$\frac{1^m,50}{1+0,02\times 25^\circ} \text{ ou 1 mètre.}$$

Partant de cette résistance de 1 mètre à — 10°, la même formule conduit au tableau suivant pour les diverses températures.

TABLEAU N° 9.

t^0	Résistance.	t^0	Résistance.	t^0	Résistance.	t^0	Résistance.	t^0	Résistance.
degrés.	mètres.	degrés.	mètres.	degrés.	mètres.	degrés.	mètres.	degrés.	mètres.
— 10	1,00	0	1,20	+ 10	1,40	+ 20	1,60	+ 30	1,80
— 5	1,10	+ 5	1,30	+ 15	1,50	+ 25	1,70	+ 40	2,00

A la suite de ces expériences et d'une comparaison des tableaux des essais de rails faits pendant dix ans, qui conduisait à la même conclusion, la compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée décida que la résistance minima serait de 1m,50 pour les températures comprises entre 0° et 20°, de 1m,30 au-dessous de zéro, et de 1m,70 au-dessus de 20°.

Le froid influe aussi sur la cassure, car, dans les essais précités, les rails qui avaient montré une cassure nerveuse l'été, ont offert l'hiver une cassure grenue. Un autre fait vient à l'appui de cette assertion : une usine, en classant ses fers puddlés d'après leur cassure, avait mis de côté l'été un lot de fers nerveux, l'hiver suivant elle voulut employer ces fers, et reconnut qu'ils étaient tous à grain.

Résistance des différents types de rails. 1° Essais à la flexion. — Le profil du rail, son moment d'inertie, influent un peu sur la résistance à la flexion, mais surtout sur la grandeur des flèches que prennent les rails sous des charges croissantes ; le tableau suivant le montre.

TABLEAU Nº 10.

CHARGES.	RAILS VIGNOLE. $I = 0{,}000010221609$ $\frac{I}{V} = 0{,}000154779$		RAILS à champignons égaux. $I = 0{,}000009286445$ $\frac{I}{V} = 0{,}000142868$		RAILS à champignons inégaux. $I = 0{,}0000082641$ $\frac{I}{V} = 0{,}000118862$	
	Flèches		Flèches		Flèches	
	mobiles.	persistantes.	mobiles.	persistantes.	mobiles.	persistantes.
tonnes.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.
13,000	0,00187	0,00023	0,00209	0,00022	0,00242	0,00037
16,000	0,00222	0,00032	0,00250	0,00035	0,00311	0,00065
20,000	0,00297	0,00054	0,00340	0,00071	0,00511	0,00213
24,000	0,00460	0,00155	0,00519	0,00180	0,01170	[illegible]
27,500	0,00820	0,00490	0,00870	0,00540	0,02010	0,02540
	Moyennes de 87 rails.		Moyennes de 71 rails.		Moyennes de 129 rails.	

Ces essais à la flexion ont été faits à la presse hydraulique; le rail était chargé au milieu et reposait sur deux couteaux espacés de 1 mètre; c'est sur cette longueur que les flèches étaient mesurées.

2° *Essais au choc.* — Il n'en est pas de même pour les essais au choc, la nature du fer employé joue ici le principal rôle; ainsi les résistances au choc ont été pour les trois types précédents :

Rail Vignole. . . . . 2^m,90 (moyenne de 162 rails).
Rail à champignons égaux. . . 2^m,40 (moyenne de 71 rails).
Rail à champignons inégaux. . 2^m,55 (moyenne de 151 rails).

La résistance du rail Vignole et celle du rail à champignons inégaux tiennent à la présence du fer nerveux dans le patin ou le petit champignon.

Le fer à grain rend le rail à double champignon très-cassant, car les deux champignons doivent être à grain; cette condition a rendu souvent la fabrication de ce rail très-difficile.

Maintenant les compagnies de chemins de fer exigent des

rails à cassure grenue; la compagnie du Nord sacrifie la résistance à cette condition; la compagnie des Deux-Charentes stipule que les rails résisteront à 1m,50 de hauteur de chute d'un mouton de 300 kilogrammes, mais casseront à 4m,50, pour forcer le maître de forges à employer du fer à grain; les autres compagnies demandent à la fois des rails à grain et une résistance à une hauteur de chute de 1m,50. Ces deux conditions ne sont pas incompatibles, surtout pour le rail Vignole, et il est bon de les réunir pour ne pas s'exposer à obtenir des rails à grain de fonte; ces rails sont tellement fragiles que quelques-uns se brisent pendant le déchargement.

Durée des rails. — On s'est peu préoccupé jusqu'ici d'évaluer exactement la durée normale d'un rail. Cette question devient cependant aujourd'hui très-importante, car de sa solution dépend la décision que les compagnies doivent prendre pour l'emploi ou le rejet des rails en acier Bessemer. Les séances du mois de juin 1864 de la Société des ingénieurs civils ont montré que cette question est peu avancée.

Le chiffre de douze années paraît être accepté comme la durée moyenne des rails fabriqués il y a vingt ans. Depuis, la métallurgie a fait des progrès; M. Alquié prétend que sur le chemin de fer du Nord les rails à double champignon dureront en moyenne vingt et un ans et les rails Vignole vingt-sept ans. Entre Paris et Saint-Denis, où le nombre de trains par vingt-quatre heures est de 83, les rails paraissent ne pas devoir durer au delà de quatre ans.

M. Sévène ajoute que la durée de vingt ans sur la ligne d'Orléans correspond à un trafic de 45.000 tonnes par kilomètre.

Ces résultats sont loin d'être précis et certains : l'usure des rails dépend non-seulement du nombre de trains et du trafic, mais encore du profil de la voie.

Aux stations et sur les rampes l'usure devient rapide. La

figure 9 indique pour chaque kilomètre d'une voie très-accidentée la proportion de rails relevés pendant les trois premières années. Cette proportion a dépassé 11 p. 100 pour une station placée au bas d'une rampe de 10 millimètres, tandis qu'elle n'a pas atteint 1 p. 100 dans d'autres parties de la ligne.

Dans les courbes, les rails aussi s'usent plus vite et inégalement sur les deux lignes de rails. Ainsi, sur une ligne ou dans les parties droites de la voie, l'usure des rails était de 18 p. 100.

L'usure était :

Dans les courbes de 2,000 mètres :	Dans le grand arc..	25 p. 100
	Dans le petit arc. .	38 p. 100
Dans les courbes de 1,000 mètres :	Dans les deux arcs.	72 p. 100

Je n'ai indiqué ces résultats que pour montrer la marche à suivre. Si pour chaque ligne on dressait de semblables travaux, en mettant en regard le nombre de trains, le trafic, le profil de la voie, les courbes, etc., on pourrait avec les moyennes trouvées établir une formule qui, au bout de deux ou trois années de garantie, déduirait des relevages faits la durée des fournitures livrées, et par conséquent leur valeur réelle. On saurait déterminer exactement aussi les points où le rail Bessemer doit être employé.

RÉSUMÉ.

Pour obtenir deux rails qui fassent un bon usage sur la voie, il faut employer des minerais calcaires et phosphoreux, donner aux hauts fourneaux une allure aussi chaude que possible, puddler en fer à gros grain brillant, faire des paquets lourds de façon que la rognure atteigne 11 p. 100 du poids du paquet, donner deux chaudes, marteler, ou si les conditions de prix de revient ou d'installation ne le permettent pas, laminer de champ, surtout dans les cannelures soudantes.

D'un autre côté, les compagnies de chemins de fer ne devraient accepter aucun rail sans s'être assurées de la soudure par une cassure, et, dans les essais au choc, tenir compte de la température.

Tout ce qui précède s'applique évidemment à la qualité ordinaire des rails qui se fabriquent presque exclusivement en France, et qui correspond pour nos meilleures usines à celle des meilleurs rails du pays de Galles.

Si les compagnies consentaient à augmenter leur prix d'achat et exiger en échange, par exemple, sept années de garantie comme la compagnie du Great-Northern, elles y trouveraient leur profit, et de plus forceraient les usines à améliorer leurs produits, soit en faisant des paquets en fer puddlé de fonte grise à couvertes martelées, finis en deux chaudes, comme dans le Cleveland, soit en ajoutant à ce premier progrès le corroyage au marteau des paquets avant tout profilage; c'est ainsi que les forges du Yorkshire ont obtenu une qualité de rails qui se vend 280 francs la tonne à l'usine (*).

(*) Voir *Annales des mines*, année 1862, tome Ier. *État présent de la métallurgie du fer en Angleterre*, par MM. Gruner et Lan.

ÉTUDES

SUR LES CHEMINS DE FER DE L'AUTRICHE.

Par M. Ed. COLLIGNON, ingénieur des ponts et chaussées.

Introduction. — Le travail suivant n'est autre chose que le résumé de notes prises à diverses époques, en 1857, en 1862 et surtout en 1864, sur le réseau des chemins de fer de l'Autriche. Il est accompagné d'une étude théorique de l'influence des pentes sur l'exploitation; cette étude trouve naturellement sa place après la description de lignes accidentées, comme l'est le chemin de Vienne à Trieste.

Nous commencerons par jeter dans cette introduction un coup d'œil général sur le réseau des chemins autrichiens, et par présenter le plus brièvement possible le tableau des pays qui en sont traversés.

Hydrographie. — Les différents États qui composent le territoire de la monarchie autrichienne présentent, au point de vue hydrographique, un assemblage des plus curieux; les eaux qui les arrosent se rendent, les unes dans la mer du Nord, les autres dans la Baltique; d'autres encore, et ce sont les plus abondantes, dans la mer Noire, d'autres enfin dans la mer Adriatique; et ce pays, tributaire de quatre mers, n'a de côtes que sur l'une d'elles, et c'est celle peut-être à laquelle il envoie le moins d'eau.

La majeure partie du territoire autrichien appartient au bassin du Danube. Ce grand fleuve entre en Autriche à Passau, traverse la haute et la basse Autriche, puis pénètre en Hongrie en coulant de l'ouest à l'est, se retourne brusquement du nord au sud, puis, grossi de son affluent, la Drave, reprend une direction à peu près parallèle à sa di-

rection première, reçoit sur sa rive gauche un grand affluent, la Theiss, puis sur la rive droite un troisième grand affluent, la Save, et, après avoir servi de frontière à l'empire d'Autriche et à l'empire turc, franchit les Portes de fer et poursuit sa route vers la mer Noire en arrosant les Principautés.

Ce bassin comprend un grand nombre de bassins secondaires.

Outre la haute et la basse Autriche, que nous avons déjà indiquées, la Moravie s'y rattache par la March, rivière qui se jette dans le Danube un peu au-dessus de Pressbourg; en Hongrie, le Danube reçoit sur sa rive gauche le Waag et diverses rivières, telles que le Gran et l'Ipoly (*), puis la Theiss; un grand affluent de la Theiss, le Maros, y amène encore une partie des eaux de la Transylvanie; une autre partie des eaux de cette province se rend dans la Theiss vers le nord, par le Szamos, et le reste enfin va directement au Danube en suivant le cours de l'Aluta, affluent qui court du nord au sud et qui traverse la Valachie. La Bukowine est aussi tributaire du Danube par ses affluents moldaves, le Pruth et le Sereth.

Sur la rive droite, le Danube reçoit à la frontière même de Bavière l'Inn, rivière issue du canton des Grisons en un point d'un col adossé au lac de Côme; elle traverse le territoire suisse dans la vallée de l'Engadine, entre en Autriche, traverse le Tyrol, écorne la haute Bavière et revient toucher l'Autriche jusqu'à Passau, où elle tombe dans le Danube. Un peu plus bas, le Danube reçoit le Salzach, la rivière de Salzbourg et du Salz Kammergut (**). Plus bas

---

(*) En allemand *Eipel*.

(**) On appelle ainsi une contrée montagneuse que traverse la Traun, et qui renferme des salines appartenant au domaine impérial. Les montagnes et les lacs qui s'y rencontrent lui ont valu le nom de *Suisse autrichienne*. C'est au centre de ce pays que se trouvent les célèbres bains d'*Ischl*.

encore nous trouvons l'Enns, à la séparation des deux archiduchés d'Autriche; la Vienne, petite rivière que l'on ne mentionne ici que parce qu'elle traverse la capitale; puis, en omettant quelques cours d'eau peu importants, on arrive à la Leytha, rivière qui forme la frontière entre l'Autriche et la Hongrie; puis enfin le Raab, fleuve presque entièrement hongrois. Entre la Leytha et le Raab, il faut mentionner le lac de Neusiedl, emprisonné dans les terres sans communication avec les fleuves voisins. De même, entre le Raab et la Drave, un autre lac, beaucoup plus grand, le lac Balaton, présente une masse d'eau sans aucune issue. La Drave traverse la Karinthie; elle et son affluent, la Mur, traversent la Styrie. La Save enfin arrose la Carniole, la Croatie, et sert de frontière entre les confins militaires slavoniens et l'empire turc.

En dehors de cet énorme bassin, on doit signaler, comme tributaires de la mer du Nord, d'une part, le Voralberg, qui touche au Rhin et au lac de Constance; de l'autre, toute la Bohême, traversée par l'Elbe et son affluent la Moldau; plus à l'est, la Silésie autrichienne, langue étroite sur le versant nord des Carpathes, fait partie du bassin de l'Oder; la Galicie et les provinces polonaises déversent leurs eaux au nord par la Vistule dans la Baltique, au sud par le Dniester dans la mer Noire.

Pour compléter ce résumé, il suffit d'ajouter les rivières tributaires de l'Adriatique. On ne trouve que de petits cours d'eau pour l'étroite bande de terre qui forme la Dalmatie; quelques rivières sans importance arrosent la presqu'île d'Istrie. Les seuls cours d'eau remarquables sont donc les rivières italiennes, l'Isonzo, le Tagliamento, la Piave, le Bacchiglione, l'Adige, enfin le Pô avec son affluent le Mincio, frontière actuelle des possessions autrichiennes en Italie.

A peu d'exceptions près, les grandes divisions de l'empire d'Autriche coïncident avec les bassins, et l'on en peut dresser le tableau sommaire de la façon suivante :

Bassin de la mer du Nord	par le Rhin.	le Vorarlberg.		
	par l'Elbe.	la Bohême.		
Bassin de la mer Baltique	par l'Oder.	la Silésie autrichienne.		
	par la Vistule.	la Galicie et les provinces polonaises.		
Bassin de la mer Noire	par le Dniester.			
	par le Danube.	la haute Autriche.		
		la basse Autriche.		
		le Tyrol du Nord. . .		L'Inn.
		le duché de Salzbourg.		La Salzach.
		la Moravie.		
		la Hongrie. .	Bassins intérieurs.	Le lac Neusiedl. Le lac Balaton.
		la Transylvanie.		
		la Bukowine.		
		la Styrie.		
		la Karinthie.		
		la Carniole.		
		la Croatie.		
		les Confins militaires.		
Bassin de l'Adriatique	. . . .	la Dalmatie.		
	. . . .	l'Istrie.		
	par l'Isonzo.	le Frioul.		
	par le Tagliamento. .	la Vénétie.		
	par la Piave.			
	par le Bacchiglione. .			
	par l'Adige.	le Tyrol du Sud.		
	par le Pô et le Mincio.			

Orographie. — Les montagnes de l'empire d'Autriche se partagent en trois grandes masses :

Le groupe le plus important se rattache à la chaîne des Alpes ; ce sont les montagnes du Tyrol, qui se prolongent en se séparant et en donnant place à de profondes vallées. Les derniers contre-forts de cette grande chaîne touchent Vienne, et dominent la plaine de Hongrie. La Mur, la Drave et la Save prennent leur source dans ce massif ; vers le sud-est, la chaîne, qui conserve plus particulièrement le nom d'Alpes, se bifurque ; une partie constitue le massif montagneux qui domine le fond de l'Adriatique, et se prolonge dans l'Istrie et la Dalmatie ; une autre, continuant à courir de l'ouest à l'est, a quelques prolongements discontinus dans le faîte qui sépare la Drave et la Save.

A côté de ce système, le plus élevé de l'Europe, l'empire d'Autriche renferme une grande chaîne circulaire, les Carpathes, qui prend naissance près de Presbourg, sur la

Danube, sépare la Hongrie de la Moravie, de la Silésie, des provinces polonaises, traverse la Bukowine, s'élargit et englobe la province montagneuse de Transylvanie, lance des contre-forts dans la Moldavie et jusqu'en Russie, domine la Valachie, et vient se terminer à Basiasch, sur le Danube, en face des coteaux de Servie; cette grande chaîne n'est pas entièrement continue et elle se partage en tronçons, distingués généralement les uns des autres par des directions particulières. Ainsi les petits Carpathes aboutissent au Danube à Pressbourg; ils se prolongent vers le nord-est par le massif épais des monts Beskide et de l'Erz-Gebirge hongrois; les grands Carpathes ont la direction du nord-ouest au sud-est; et les Alpes de Transylvanie reviennent ensuite dans une direction à angle droit sur la précédente.

Les montagnes de Bohême forment enfin un système à part. La Bohême présente, en gros, la forme d'un losange, dont les sommets sont dirigés vers les quatre points cardinaux; quatre chaînes en dessinent les côtés. La chaîne des Carpathes la limite vers le sud-est; les monts Sudètes, vers le nord-est, se prolongent jusqu'au Riesen-Gebirge (*) et aux montagnes de la Suisse saxonne; vers le nord-ouest, on trouve les montagnes de l'Erz-Gebirge; puis vers le sud-ouest, les montagnes de Bohême, dont le revers sud descend jusqu'au Danube, et qui se prolongent en dehors de l'Autriche par le Fichtel-Gebirge et les montagnes de la Thuringe. L'Elbe s'échappe au nord de ce grand quadrilatère, en passant entre le Riesen-Gebirge et l'Erz-Gebirge. Au sommet occidental occupé par le Fichtel-Gebirge, se trouve un point de partage des plus intéressants : quatre vallées en descendent : à l'est, l'Eger, affluent bohémien de l'Elbe; au nord, la Saale, qui traverse les duchés de Saxe et ne rejoint l'Elbe qu'en Prusse, un peu au-dessus de Magde-

(*) Montagnes des Géants.

bourg; à l'ouest, un affluent du Mein, qui se rend dans le Rhin; au midi enfin le Nab, affluent du Danube.

On peut citer encore la petite chaîne de montagnes du Bakonyer-Wald, dont la direction partage en deux parties égales l'angle droit formé par le Danube à Waitzen, et qui, prolongeant la direction du lac Balaton, accentue les deux rives du Danube de Comorn à Pesth. Une petite chaîne parallèle s'étend vers Fünfkirchen et coupe l'angle du Danube et de la Drave.

En dehors de ces grandes masses montagneuses, l'empire d'Autriche présente deux grandes plaines très-étendues : la plaine de Hongrie et la plaine de Vénétie; la première s'appuie partout aux montagnes; la seconde, comprise entre les Alpes et l'Adriatique, offre un plan qui n'est coupé que par deux accidents de terrain : les monts Berici, qui rejettent au nord le Bacchiglione près de Vicence, et la petite chaîne des monts Euganéens, qui s'étend vers le sud entre le Bacchiglione et la ville d'Este.

Divisions de l'Autriche. — Les populations qui habitent l'empire d'Autriche appartiennent à des races diverses. Sur 35 millions d'âmes qui dépendaient, en 1857, de la monarchie, on compte près de 8 millions d'origine allemande, 15 millions d'origine slave, 3 millions 1/2 d'origine roumaine, 3 millions d'origine latine, et 5 millions d'origine magyare. L'élément allemand ne comprend donc que moins du quart de l'ensemble, et cependant 15 millions d'Autrichiens font partie de la confédération germanique, laquelle englobe la Bohême, pays slave, d'un côté, et tout le territoire de Trieste de l'autre.

Cette variété d'origine se retrouve dans les langues que l'on parle dans l'empire, et qui sont au nombre de dix; ce sont l'allemand, le hongrois, l'italien, et enfin sept langues slaves, dont quatre (comme le bohême et le polonais) sont écrites en caractères latins et trois en caractères slavons. Cette distinction des deux écritures des idiomes slavons

correspond à une différence dans les religions des populations qui les emploient. L'écriture a été apportée aux peuples slaves en même temps que le christianisme. Les apôtres de ces peuples appartenaient les uns à l'empire grec, les autres à l'Église d'Occident, et la séparation des deux Églises coïncide encore aujourd'hui avec la séparation des deux écritures.

La Hongrie forme à elle seule un groupe à part au centre de l'Autriche et de l'Europe ; — sa langue, écrite en caractères latins, n'est pas une langue européenne ; — la liberté de conscience y a été reconnue de bonne heure ; — enfin elle a subi longtemps l'influence des Turcs.

Au point de vue des religions, on peut classer ainsi la population des États autrichiens :

Catholiques, environ.	28 millions.
(y compris 3 millions 1/2 de Grecs unis.)	
Grecs orthodoxes, environ.	3 millions.
Protestants, environ.	3 millions.
Juifs, environ.	1 million.

Division politique de l'empire d'Autriche.

NOM DES ÉTATS.	DIVISIONS.		SUBDIVISIONS.		VILLES principales.
	Nombre.	Appellations.	Nombre.	Appellations.	
1. Archiduché d'Autriche au-dessous de l'Enns, ou basse Autriche. .	4	Cercles (Kreise).	70	Arrondissements (Bezirke).	Vienne.
2. Archiduché d'Autriche au-dessus de l'Enns, ou basse Autriche. .	4	Cercles.	46	*Id.*	Linz.
3. Duché de Salzbourg.	»	»	20	*Id.*	Salzbourg.
4. Duché de Styrie.	3	Cercles.	64	*Id.*	Gratz.
5. Duché de Karinthie.	»	»	28	*Id.*	Klagenfurth.
6. Duché de Carniole.	»	»	30	*Id.*	Laybach.
7. Division du littoral (Küstenland).	3	Comté de Gœritz et de Gradiska, Margraviat d'Istrie, ville de Trieste.	13 / 16 / »	*Id.* / *Id.* / *Id.*	Trieste.
8. Comtés de Tyrol et de Vorarlberg.	4	Cercles.	73	*Id.*	Innsbruck.
9. Royaume Lombard-Vénitien. .	9	Provinces.	83	*Id.*	Venise-Vérone.
10. Royaume de Bohême.	13	Cercles.	208	*Id.*	Prague.
11. Margraviat de Moravie.	6	Cercles.	67	*Id.*	Brünn.
12. Duché de haute et basse Silésie. .	»	»	22	*Id.*	Troppau.
13. Royaume de Galicie et de Lodomirie, avec le duché de Cracovie et les principautés d'Auschwitz et de Zator :					
Deux divisions administratives :					
Lemberg.	12	Cercles.	113	*Id.*	Lemberg.
Cracovie.	5	Cercles.	64	*Id.*	Cracovie.
14. Duché de Bukowine.	»	»	15	*Id.*	Czernowitz.
15. Royaume de Hongrie.					
Quatre districts à comitats et quatre districts :					
District au delà du Danube. . .	11	Comitats.	»	»	Pesth.
District en deçà du Danube. . .	13	*Id.*	»	»	
District en deçà de la Theiss. .	10	*Id.*	»	»	
District au delà de la Theiss. .	16	*Id.*	»	»	
Quatre districts séparés.	»	»	»	»	
16. Grande principauté de Transylvanie.					
Pays des Hongrois.	9	Comitats.	»	»	Klausenbourg.
Pays des Szekler.	7	Tables (stühle).	»	»	
Pays des Saxons.	12	*Id.*	»	»	Hermannstadt.
17 et 18. Royaumes de Croatie et d'Esclavonie.	7	Comitats.	»	»	Agram, Fiume, etc.
19. Royaume de Dalmatie.	4	Cercles.	31	Arrondissements.	Zara, Spalato, Raguse et Cattaro.
20. Confins militaires.	14	Régiments.			

Population des villes.

Vienne a plus de 500.000 habitants; après la capitale, on trouve quatre villes de plus de 100.000 habitants : ce sont Prague, 150.000; Pesth, 130.000; Venise, 118.000; Trieste, 104.000. — Les villes qui viennent ensuite par ordre de population sont Lemberg, 70.000; Gratz, 63.000; Szegedin, 62.000, etc. On comptait en 1857 cent trente-quatre villes ayant plus de 10.000 habitants.

Tableau des chemins de fer de l'Autriche en 1864.

DÉSIGNATION DES CHEMINS DE FER, réunis par compagnies.	DATE du commencement des travaux.	LONGUEUR	
Chemin de fer Empereur Ferdinand, du Nord (Nordbahn).		kil.	
Vienne à Brünn	1838	152	
Lundenburg à Ollmütz		129	
Prerau à Cracovie		231	
Schönbrünn à Tropau		30	
Dziedits à Bielitz		11	
Trzebinia à Mislowice		30	
Graniça à Szczakowa		4	Frontière de Pologne.
Gänserndorf à Marchegg		11	
Florisdorf à Stockerau		15	
		613	
Chemin de fer Impératrice Elisabeth, de l'Ouest (Westbahn).			
Vienne, Salzbourg	1858	315	Frontière de Bavière.
Wells, Passau	»	73	
Lambach, Gmunden	1836	30	
Linz à Budweis	1832	129	(A traction de chevaux.)
		547	
Chemins de fer de l'Etat (Staatsbahn).			
Ligne du Nord. { Ollmütz à Prag et à Bodenbach. Brünn à Trübau	1845	470	Frontière de Saxe.
Ligne du Sud-Est. { Marchegg à Basiasch. Jassenowa à Oravitza	1846	694	Frontière de Servie.
Ligne du Sud-Est. Oravitza à Steierdorf	1863	33	Ligne de charbonnage.
Ligne de Vienne à Uj-Szöny	1846	159	
		1356	
Chemins de fer du Sud (Südbahn).			
Vienne à Trieste	1841	578	
Mödling à Laxenbourg	»	4	
Neustadt à Œdenbourg	»	32	
Marbourg à Villach	1863	165	Ligne de Karinthie.
Steinbrück à Sissek	1862	125	Ligne de Croatie.
Pragerhof à Ofen	1862	326	Ligne de Hongrie.
Uj-Szöny à Stuhlweissenbourg	»	85	
Innsbrück à Kufstein	1858	73	Ligne du Tyrol du nord.
Vérone à Botzen	»	147	Ligne du Tyrol du sud.
Nabresina à Casarsa	»	103	
Vérone à Mantoue	1842	31	Ligne de Vénétie.
Casarsa à la frontière lombarde		240	
		1913	
Chemin de fer de jonction du Nord au Sud de l'Allemagne (Süd Nord deutsche Verbindungsbahn).			
Pardubitz-Reichenberg	1857	167	Frontière de Saxe.
Josephstadt-Schwadowitz		38	
		205	

Suite du tableau précédent.

DÉSIGNATION DES CHEMINS DE FER réunis par compagnies.	DATE du commencement des travaux	LONGUEUR	
Chemins de la Theiss.			
Czegled à Kaschau.	1857	kilom. 375	
Püspok Ladany à Gross Wardein. . . .	»	68	
Szolnok à Arad.	»	152	
Nyiregyha à Sugata.	»	182	En construction.
		777	
Chemin de Pressbourg à Szered.	»	65	Chemin à traction de chevaux.
Réseau bohémien de l'Ouest.			
Prag, Pilsen, Tans et frontière bavaroise	1861	184	
Chemin d'Aussig à Teplitz.	1858	18	
Chemin de Brünn à Rossitz.	1856	23	
Chemin de fer de Bouschterad (Buschtehraderbahn).			
Kralup, Kladno, Wyhybka et Prag-Pinie	1855 et 1856	82	Ancien chemin à chevaux de Prague à Pinie.
Chemin de ceinture à Vienne.	»	4	
Chemin de Fünfkirchen à Mohacs. . . .	1857	61	Ligne de charbonnage.
Chemin de fer Charles-Louis de Galicie.			
Cracovie à Lemberg.	1856	353	Embranchement sur les salines de Wieliczka.
Chemin de Gratz à Köflach.	1859	40	Ligne de charbonnage.
En construction.			
Innsbrück à Botzen.	»	»	Ligne du Brenner.
Padoue à Rovigo.	»	»	Ligne de Venétie.
Œdenbourg à Kanischa.	»	»	Ligne de Hongrie.
Agram à Karlstadt.	»	»	Ligne de Croatie.
Pesth à Neusohl.	»	»	Ligne de Hongrie.
Eger Bahn.	»	»	Ligne de Bohême.
Lemberg à Czernowicz.	»	»	Ligne de Galicie-Bukowine.

En résumé, l'Autriche possédait à la fin de 1864 une longueur de voies ferrées de 6.059 kilomètres, ainsi décomposée :

		kilom.
Chemins du Nord		613
—	de l'Ouest	547
—	de l'État	1.358
—	du Sud	1.913
—	de jonction du sud au nord de l'Allemagne	205
—	de la Theiss	595
—	de Galicie	353
—	de Bohême	184
Petits chemins de fer		293
	En tout	6.059

L'inspection de la carte montre que ces chemins sont inégalement répartis dans les diverses régions de l'empire d'Autriche, et qu'en certaines contrées, notamment en Hongrie, en Moravie et en Bohême, on semble avoir cherché à créer des rivalités de lignes. On peut remarquer de plus que le réseau de la compagnie des chemins de l'État est formé de trois tronçons séparés les uns des autres par des lignes appartenant à d'autres compagnies. Cette situation particulière rend très-complexe le service commercial des chemins de fer en Autriche. La lutte entre les différentes voies de transport a conduit les compagnies à substituer presque exclusivement au système des tarifs généraux le système des marchés spéciaux consentis d'un commun accord. Les prix de transport sont encore très-élevés, en même temps que l'industrie locale reste peu active. Le grand aliment des chemins de fer, comme marchandises, consiste en céréales et en bois de construction ; les chemins subissent ainsi le contre-coup des mauvaises récoltes.

Par ordre de rendement brut, on doit mettre au premier rang les chemins de fer du Nord ; puis viennent le réseau du Sud, le réseau de l'État et le réseau de l'Ouest ; plus bas encore la ligne de Galicie, et enfin les lignes secondaires de la Bohême et de la Hongrie.

Notre but n'est pas d'étudier les chemins de l'Autriche à ce point de vue ; nous avons cherché principalement à re-

cueillir des renseignements techniques sur l'influence des fortes inclinaisons. Pour cela, nous nous bornons à étudier en détail la ligne de Vienne à Trieste, si célèbre par ses traversées du Semmering et du Karst; nous passons de là à la ligne d'Innsbrück à Botzen, qui est maintenant en construction, à travers la chaîne du Tyrol, et pour le tracé de laquelle on a su tenir compte des enseignements donnés par les autres parties du réseau du Sud (*). Enfin, nous allons jusqu'au Banat pour étudier le petit chemin de fer d'Oravitza à Steierdorf, auquel les pentes et les courbes donnent une physionomie toute particulière, et sur lequel un modèle spécial des machines a attiré l'attention depuis quelques années.

Si à ce programme on ajoute quelques recherches théoriques sur les pentes, recherches déjà anciennes dont l'observation confirme les résultats, on aura tout le résumé de notre étude.

CHAPITRE PREMIER.

LA LIGNE DE VIENNE A TRIESTE.

La ville de Vienne est située sur le bord du Danube, au confluent d'une petite rivière qui porte aussi le nom de Vienne. Les derniers contre-forts des Alpes aboutissent en ce point à la rive droite du grand fleuve; quand on quitte la ville pour aller dans la direction du sud, on trouve une plaine légèrement ondulée, limitée à l'ouest par les escar-

(*) La construction de ce chemin de fer avait été confiée à M. C. Von Etzel, l'un des directeurs de la compagnie du Sud. Le travail, commencé en 1864, sera terminé en 1867. Malheureusement M. Von Etzel, surpris par une attaque à la fin de 1864, est mort avant d'avoir pu compléter ce grand travail, qui faisait le plus grand honneur à son talent. Avec lui disparaît l'un des ingénieurs les plus distingués de l'Allemagne.

pements extrêmes du massif montagneux des Alpes, à l'est par la chaîne peu élevée des monts de la Leytha. qui séparent la Hongrie de la basse Autriche. Cette plaine s'étend au nord jusqu'au Danube, et au sud jusqu'à un long contrefort qui semble la barrer par un obstacle infranchissable. Cependant cette barrière naturelle ne constitue pas une fermeture complète; elle ne rejoint pas, en effet, les montagnes de Hongrie. et entre ces deux chaînes on voit distinctement, de loin, une ouverture orientée vers le S.-E. par où la plaine autrichienne et la plaine hongroise communiquent l'une à l'autre.

La ligne de Trieste en partant de Vienne se développe dans cette plaine, et suit le pied des coteaux qui la dominent à l'ouest; elle traverse plusieurs petites rivières qui descendent du massif montagneux et se jettent dans le Danube; parvenue à Neustadt, à 48 kilomètres de son point de départ, elle se bifurque; un embranchement de 32 kilomètres aboutit vers le S.-E. à OEdenbourg, près du lac Neusiedl, en suivant l'ouverture que nous venons d'indiquer tout à l'heure; c'est l'amorce d'une ligne concédée qui, à travers les plaines de Hongrie, rejoindra à Kanischa la ligne de Pragerhof à Bude. La ligne principale se prolonge au sud de Neustadt, en obliquant vers l'ouest, et va buter contre les ramifications qui lui ferment le passage. Avant de la suivre dans le reste de son cours, il est nécessaire d'étudier la topographie des diverses contrées qu'elle traverse.

La ligne de Vienne à Trieste a une longueur de 578 kilomètres, et sur cette longueur 500 kilomètres environ appartiennent au bassin du Danube. Ce grand fleuve coule de l'ouest à l'est, à partir du revers oriental de la forêt Noire, où il prend sa source, jusqu'au cœur de la Hongrie. Il subit un peu au-dessous de Waitzen un changement brusque de direction qui le fait couler du nord au sud; des montagnes peu élevées maintiennent ce coude sur les deux rives. A 250 kilomètres plus bas, le Danube se dé-

tourne de nouveau pour reprendre une direction plus voisine du parallèle.

Les rivières sorties des Alpes du côté de l'est, comme du côté du nord, vont toutes s'y jeter. Nous avons déjà signalé les petites rivières qui arrosent la plaine de la basse Autriche; si de là nous passons en Hongrie, nous trouvons d'abord la Leytha, rivière frontière, puis le Raab; ces deux rivières se rendent dans le Danube au-dessus de son premier changement de direction; les rivières qui s'y jettent au-dessous du Raab sont insignifiantes, et la présence d'un grand lac, le lac Balaton, démontre que le Danube ne suffit pas au drainage du plateau qui s'étend sur sa rive droite. Pour trouver des rivières importantes, il faut aller jusqu'à la Drave et à la Save, rivières parallèles, qui tombent dans le Danube, l'une près d'Esseg, l'autre à Belgrade.

La Drave prend sa source dans le Tyrol, à peu de distance de la route qui passe au col du Brenner; elle traverse toute la Karinthie, qui n'est en réalité que la vallée même de cette rivière; elle coupe la Styrie, entre en Hongrie, y reçoit sur sa rive gauche la Mur, grande rivière styrienne.

La Save part d'un point situé à la hauteur de Villach, court parallèlement à la Drave, traverse la Carniole, la Croatie, la Slavonie, et fait la frontière entre l'Autriche et l'empire ottoman. A Laybach, la Save n'est pas à plus de 75 kilomètres, à vol d'oiseau, du golfe de Trieste; les deux bassins sont séparés l'un de l'autre par le massif du Karst, qui prolonge la chaîne des Alpes le long de l'Adriatique.

La ligne de Vienne à Trieste franchit la chaîne de Semmering, dont le faîte forme la limite entre la basse Autriche et la Styrie; parvenu au pied du versant sud de cette montagne, elle se trouve dans la vallée de la Mürz, qu'elle descend jusqu'à Brück; là elle entre dans la vallée de la Mur, passe à Graz, et franchit le faîte étroit et déprimé qui sépare la Mur de la Drave; elle parvient sur le bord de cette rivière à Marburg; un embranchement de 165 kilomètres se dé-

tache en cette ville de la ligne principale, et remonte la vallée de la Drave jusqu'à Villach en Karinthie; le prolongement de cette ligne est concédé et rejoindra à Brixen la ligne du Brenner. Un peu au delà de Marburg, à Pragerhof, la ligne principale se bifurque encore et envoie à gauche un embranchement de 331 kilomètres vers Kanischa, Stuhlweissenbourg et Bude; remontant ensuite un affluent de la Drave, elle en franchit le versant droit, redescend par la vallée du Sann, affluent de la Save, et aboutit sur la Save elle-même à Steinbrück. Là, un troisième embranchement de 126 kilomètres se dirige à gauche, vers la Croatie, Agram et Sziszek. La ligne principale remonte la vallée de la Save jusqu'à Laybach, traverse les marais du fond de la vallée, remonte le cours de la Laybach, et gravit le revers septentrional du massif du Karst; parvenu au haut du plateau, elle s'y maintient jusqu'à Adelsberg; à Nabresina, sur l'autre versant, se détache la ligne qui, par Goritz, rejoint le réseau de la Vénétie; Nabresina n'est qu'à 16 kilomètres de Trieste, où la ligne aboutit.

La description sommaire que nous venons de faire permet de partager la ligne de Trieste en quatre grands tronçons : le premier, compris entre Vienne et le pied du Semmering; le second, formé de la traversée du Semmering; le troisième, du parcours compris dans les vallées de la Mürz, de la Mur, de la Drave, de la Save et de leurs affluents, avec les passages de deux faîtes secondaires; enfin le quatrième, limité au passage du Karst, et faisant sortir le tracé du bassin de la mer Noire pour le faire arriver au bord de l'Adriatique.

La première partie s'étend de Vienne à Gloggnitz, sur une longueur de.	kilom. 75
La seconde partie, de Gloggnitz à Mürzuschlag, sur une longueur de.	42
La troisième partie, de Mürzuschlag à Franzdorf, sur une longueur de.	337
La quatrième partie, de Franzdorf à Trieste, sur une longueur de.	124
Ce qui donne pour la ligne totale.	578 (*)

Nous passerons en revue ces quatre tronçons, en nous occupant principalement du second et du quatrième, où l'on trouve avec de fortes pentes des conditions particulières d'exploitation.

Premier tronçon. — De Vienne à Gloggnitz (75 kilomètres).

La gare de Vienne est située en dehors de l'enceinte de la ville, entre les portes qui aboutissent aux grandes lignes de l'*Heu-Gasse* et de Favoriten-Linie; elle occupe un remblai élevé; à peu de distance, à gauche, se trouve la gare du chemin de Raab et de Uj-Szöny, qui s'enfonce en Hongrie par la rive droite du Danube. Le chemin de fer de Ceinture, qui vient à travers la ville de la gare du chemin de l'Empereur Ferdinand du Nord, passe à niveau devant la gare du chemin de Raab, puis s'engage latéralement à la ligne de Vienne à Trieste sur une rampe de 25 millimètres qui l'amène au niveau de ses voies. L'espace angulaire compris entre les deux lignes de Trieste et de Raab est occupé par un bâtiment de l'administration de la ligne de Trieste, par une usine appartenant, comme le chemin de Raab, à la Société autrichienne des chemins de fer de l'État, enfin par certaines dépendances de la gare de Vienne à Trieste. Tous ces établissements sont resserrés dans une

(*) Longueur exacte de la ligne de Vienne à Trieste, 76 milles d'Autriche, 16; le mille d'Autriche vaut $7^{k},586^{m},4$; $76^{m},16$ font $577^{k},477^{m}$.

surface trop limitée, et les différences de niveau ajoutent encore à la difficulté des communications.

La ligne de Trieste longe d'abord, jusqu'à la première station de Meidling, le front des anciennes fortifications de Vienne, lesquelles sont détruites sur plusieurs points, et doivent disparaître sur tous les autres. Meidling est encore une station appartenant à la ville de Vienne; tous les trains s'y arrêtent. La ligne a quatre voies entre la gare principale et cette première station, et elle conserve ces quatre voies sous la halle de la gare principale. Il serait à souhaiter qu'on pût élargir cette halle et y introduire une cinquième voie; mais la situation en remblai de la gare, bordée par une route d'un côté et par des établissements industriels de l'autre, obstacles qu'on ne saurait déplacer, rend cette extension latérale à peu près impossible, quelque facilité qu'elle pût donner d'ailleurs à l'exploitation. Le tronçon compris entre Vienne et Meidling est une extension de la gare de tête sur 4 kilomètres environ de longueur. La gare des marchandises se trouve comprise dans cet intervalle.

La ligne continue dans la même direction et passe à Hetzendorf, station voisine du parc de Schœnbrunn et du village de Hietzing, où l'on trouve les premières maisons de campagne mises l'été à la disposition de la population viennoise. Le parc de Schœnbrunn est compris entre deux lignes de chemins de fer : d'un côté, le chemin de l'Impératrice Élisabeth, de Vienne à Salzbourg, qui passe devant le château en remontant la vallée de la Vienne; de l'autre, le chemin de Trieste, qui suit d'abord une direction à peu près parallèle. Les deux voies sont réunies l'une à l'autre par un chemin qui se développe au delà d'Hetzendorf et complète le chemin de Ceinture, en mettant en communication les quatre grandes gares de la capitale.

Le chemin de fer traverse la petite station d'Atzgersdorf, puis la station plus importante de Liesing, lieu de grande fabrication pour la bière, qu'on expédie dans toutes les

directions, et que l'on envoie même, dit-on, jusque dans l'Égypte et dans l'Inde. Là, le chemin s'est rapproché des coteaux; un demi-mille plus loin, à Modling, il est dominé à droite par des hauteurs couvertes de bois, propriétés du prince de Lichtenstein, et où les sommets sont occupés par quelques ruines les unes vraies et les autres complétement fausses Un petit temple grec, bâti sur le point culminant des environs, a été élevé par le prince à la mémoire des soldats tués en 1809 à Aspern et à Wagram. Une petite rivière sort de la montagne en cet endroit par la vallée de la Brühl, vallée très-étroite dans la partie la plus voisine de la plaine; du côté opposé, on voit le château et le parc de Laxenbourg, qu'un embranchement de 4 kilomètres va rejoindre. Modling est une station importante de la ligne de Vienne à Trieste; elle n'est cependant encore éloignée de la tête de ligne que de 15 kilomètres. De ses environs on voit distinctement, par le beau temps, les hauteurs qui dominent à Vienne la rive droite du Danube, et la flèche de Saint-Étienne.

Au delà, le chemin de fer reste au pied des coteaux, passe à Guntramsdorf, à Gumpoldskirchen et à Pfaffstätten, dominant une plaine couverte de villages, et aux pieds de coteaux dont les revers, exposés à l'orient, sont cultivés en vigne. La ligne perce par un petit souterrain un contrefort peu élevé et encore moins long, obstacle qu'on aurait pu éviter bien facilement si l'on avait dévié la ligne de quelques mètres seulement vers la gauche; mais on a tenu, paraît-il, à donner aux promeneurs de Vienne un tunnel à peu de distance de leur ville, pour qu'ils eussent dans leurs courses des dimanches toutes les émotions d'un voyage en chemin de fer. Le chemin arrive ainsi à la ville de Baden, localité connue depuis l'époque romaine par ses eaux thermales; elle est située au pied des coteaux sur la rivière Schwechat. Cette rivière vient du cœur de la montagne, passe à Alland, reçoit un peu plus bas l'affluent qui descend

du couvent de Heiligen-Kreuz, fait diverses sinuosités très-pittoresques dans un pays bien boisé, et contourne le pied de la plus haute montagne des environs : la Porte de fer (*Eiserne-Thor*). Elle passe à Bade dans une vallée très-étroite, l'Helenen-Thal, puis se dirige dans la plaine vers Laxenbourg, et au delà vers le Danube. Bade est à 26 kilomètres de Vienne. La station suivante est Vöslau, localité très-remarquable par un bain d'eau légèrement minérale et thermale, dont l'installation, des plus séduisantes, attire chaque année un grand nombre de baigneurs. Au delà de Vöslau, la montagne s'éloigne à droite, et le chemin entre dans la grande plaine qui se prolonge jusqu'au delà de Neustadt. Il longe un canal à petite section, le canal Thérèse, et passe à peu de distance de parcs remarquables par une belle végétation. Avant d'arriver à Neustadt, il rencontre le polygone où les artilleurs autrichiens en garnison à Neustadt font leurs exercices de tir, et où se fabriquent les fusées ; puis une ancienne colonie militaire, Theresienfeld, fondée en 1763 sous le règne de Marie-Thérèse, et partagée maintenant en petites parcelles.

C'est à partir de Neustadt, à 49 kilomètres de Vienne, que la ligne d'Œdenbourg se dirige vers la Hongrie, en appuyant vers l'est ; la ligne principale se retourne au contraire vers l'ouest, et va rejoindre les montagnes qu'on aperçoit depuis longtemps à l'horizon. La principale, le Schneeberg, a une hauteur de plus de 2.000 mètres. Le chemin en serre le pied aux stations de Neunkirchen et de Ternitz. La ligne parvient enfin à Gloggnitz, à 75 kilomètres de son point de départ, et là se termine le premier tronçon.

Le tracé est à Vienne à la cote de 190^{m},27 ; à Neustadt il atteint déjà 252^{m},82 ; à Gloggnitz il est à 422^{m},37. Les pentes sont faibles entre Vienne et Neustadt ; la plus forte ne dépasse pas 3 millimètres 1/2. Elles se roidissent davantage entre Neustadt et Gloggnitz, sans dépasser nulle part 8 millimètres.

La plaine que nous venons de parcourir est une plaine d'alluvion, dont le sous-sol est tertiaire; on y exploite en plusieurs endroits l'argile nécessaire à la fabrication des briques destinées à la construction des maisons de Vienne. Les revers des coteaux sont encore tertiaires; on y trouve la vigne, et au-dessus les forêts. En arrière se trouve le noyau jurassique de la montagne, supportant çà et là quelques masses crétacées.

Le premier tronçon est parcouru chaque jour par un grand nombre de trains, et par un plus grand nombre les dimanches et les jours de fêtes; les trains de banlieue vont jusqu'à Payerbach, première station du second tronçon, à la base des fortes pentes et à l'entrée de la vallée de Reichenau; certains trains de banlieue vont ainsi jusqu'à Payerbach, d'autres jusqu'à Neustadt, les plus courts s'arrêtent à Vöslau. Enfin un train spécial à grande vitesse, entre Vienne et Neustadt, correspond avec les trains de Vienne à Trieste, qui sont forcés de s'arrêter dans cette première partie du voyage à un trop grand nombre de stations.

Deuxième tronçon. — Le Semmering, de Gloggnitz à Mürzuschlag (42 kilomètres).

Cette portion est, sans contredit, la plus intéressante de toute la ligne, au point de vue pittoresque comme au point de vue des travaux et de l'histoire des chemins de fer. Elle se décompose en deux parties, de difficultés très-inégales : la montée et la descente. En profil, le chemin de fer passe d'une cote de 422 mètres à Gloggnitz, à la cote de 879 mètres dans la station de Semmering, qui forme le point culminant de la voie; puis redescend à Mürzuschlag à la cote de 665 mètres. La distance de Gloggnitz à Semmering est de 28.497 mètres; la station de Semmering est encore sur la face nord de la montagne; un souterrain de 300 mètres fait aboutir la ligne sur le versant styrien; de là à Mürzu-

schlag le rail perd 224 mètres de hauteur sur une longueur horizontale de moins de 11 kilomètres 1/2.

C'est la montée qui présente les plus grandes difficultés de tracé; en plan le chemin suit, jusqu'à Payerbach, la rive gauche de la rivière Schwarzau, qui, descendant de Reichenau, va se jeter dans la Leytha; sur ces 7 premiers kilomètres, les pentes sont encore relativement modérées, les courbes peu prononcées, et nous avons dit que Payerbach était accessible aux trains de banlieue venant de Vienne. A partir de Payerbach jusqu'à Semmering, le tracé s'accentue et se tourmente davantage. Un grand viaduc lui fait franchir la vallée de Schwarzau; viaduc courbe, en rampe de 10. A la sortie du viaduc, le chemin revient presque parallèlement à sa direction première, et gravit par une rampe qui atteint 25 millièmes, le versant de rive droite de la rivière. Il double ainsi la pointe d'Eichberg, où il se retrouve à peu près vis-à-vis de son point de départ à Gloggnitz, mais déjà plus élevé de 140 mètres environ. De la station de Gloggnitz à celle d'Eichberg il y a 13 kilomètres par le chemin de fer, tandis que d'Eichberg à la portion de ligne comprise entre Gloggnitz et Payerbach, la distance, à vol d'oiseau, ne dépasse pas 1.200 mètres. Les chemins de montagne, et notamment le Semmering, présentent de ces surprises qui intéressent toujours le voyageur.

A Eichberg, le chemin, parvenu au bout du contre-fort situé en face de Gloggnitz, se replie sur lui-même pour en suivre la face opposée. La rampe, fractionnée jusqu'alors, demeure sur 3 kilomètres 1/2 égale à 25 millièmes; elle aboutit à la station de Klamm. Dans cette portion du trajet, le chemin est ramené à dominer la vallée qui mène directement au col du Semmering, et qui suit la route de Vienne à Trieste. Pourquoi les auteurs du tracé ont-ils adopté ce versant au lieu de rapprocher le chemin de fer de la route, où l'on aurait pu vraisemblablement trouver un tracé

moins difficile? Nous l'ignorons, et leur choix est critiqué aujourd'hui.

A Klamm, le chemin sépare de la montagne un pic sur lequel se trouvent les ruines d'un vieux château. A partir de Klamm, le tracé conserve des rampes généralement variables de 22 à 25; mais le plan montre des courbes et des contre-courbes de 190 mètres de rayon se succédant sans être autrement interrompues que par de petits alignements droits. Un long souterrain, éclairé en son milieu par des fenêtres latérales qui s'ouvrent sur le précipice, amène le chemin à Breitenstein; puis le tracé, devenant encore plus sinueux, le fait pénétrer dans les fonds de deux gorges successives, lui fait doubler le contre-fort qui sépare ces gorges, et amène enfin le rail dans la station de Semmering, où finit la montée.

Sur ces 28 kilomètres on rencontre 4 stations, sans compter les deux extrêmes, 10 grands viaducs et 12 tunnels, dont le plus grand a 1 kilomètre de longueur. Les courbes, de 190 mètres de rayon, sont au nombre de 26; la plus longue a un développement de 639 mètres. Enfin, la rampe atteint 25 millimètres, si même, comme on l'assure, elle n'atteint pas en réalité 28 millimètres, entre Payerbach et Klamm, par suite d'une erreur de nivellement.

Le tunnel de faîte a 1.300 mètres de longueur; il est établi moitié en rampe, moitié en pente, sous des inclinaisons égales de 3 à 4 millimètres. Au milieu du tunnel, le chemin passe d'Autriche en Styrie. En cet endroit il est rapproché de la route qui gravit le col au moyen d'un lacet, et qu'il retrouve et suit dans la descente. Une haute montagne, le Sonnewenstein, domine le col. La descente sur la Styrie est beaucoup plus directe que la montée; les pentes y sont aussi un peu moins roides. Une station, Spital, s'y rencontre à moitié de la hauteur. Dans cette partie, le chemin, qui trouve à se développer à flanc de coteau, domine la vallée d'un ruisseau affluent de la Mürz,

dont l'autre versant, bien boisé, s'ouvre pour laisser passer la petite vallée de Frischnitz, et il arrive ainsi à Mürzuschlag, à 243 mètres plus haut que Gloggnitz, et à 475 mètres plus haut que Vienne.

Mürzuschlag est un point très-curieux comme topographie.

Trois vallées s'y réunissent : l'une est celle du ruisseau que nous venons de longer en descendant du col de Semmering; l'autre, celle de la Mürz inférieure, s'ouvre au midi, vers Brück; la troisième, celle de la Mürz supérieure, est, sur la face sud du Semmering, à peu près parallèle à la vallée de la Schwarzau sur la face nord; c'est une vallée étroite et à pente forte, vallée industrielle, qui renferme à Neubourg de grandes forges appartenant à l'État. La Rax-Alp, la plus haute montagne des environs après le Schneeberg, sépare cette vallée de celle de Reichenau. A Muersteg, au-dessus du Mürzuschlag, la Mürz reçoit sur la rive droite un affluent qui ouvre latéralement sa vallée; des routes passant par cette ouverture, pénètrent dans la montagne et mènent à Maria-Zell, le célèbre pèlerinage de la frontière de Styrie. La vallée de la Mürz, remontée à partir de Muersteg, conduit à une source très-curieuse, le Todtes-Weib, qui s'échappe du milieu d'une paroi verticale de rocher; au-dessus, elle se prolonge par l'étroite vallée de Freien.

Tous ces passages sont charmants, et peuvent intéresser également le géologue et le touriste. La configuration générale des environs immédiats de Mürzuschlag peut être embrassée d'un seul coup d'œil, en montant à mi-côte, à la chaumière de l'Eck-Bauer (*), d'où l'on voit très-distinctement le col du Semmering, la fente par laquelle s'échappe la Mürz supérieure et la vallée de Brück, beaucoup plus large et beaucoup plus peuplée. Ce point est remarquable

(*) Paysan du Coin.

aussi par son industrie. Les chutes d'eau de la Mürz et de ses affluents ont été utilisées de bonne heure, et c'est même là l'origine du nom de cette localité. L'industrie propre à Mürzuschlag est celle de la fabrication des faux, et il n'est pas sans intérêt de noter qu'un grand nombre de faux qui ont servi d'armes dans la dernière insurrection de la Pologne ont été fabriquées dans ces usines de Styrie.

C'est en 1854 que la traversée du Semmering a été définitivement livrée à l'exploitation. Nous aurons plus tard à en apprécier les résultats. Il nous suffit quant à présent de dire que le mouvement sur ce tronçon exige l'emploi de machines spéciales, aujourd'hui les machines Engerth modifiées, et que les trains de marchandises doivent être coupés en deux et quelquefois en trois si le temps est brumeux, pour opérer ce passage.

Le versant sud du Semmering a un climat beaucoup plus rude que le versant nord; l'hiver dure plus longtemps; la culture est très-pauvre; on n'y sème que de l'avoine, qui mûrit tard, quand elle mûrit. Mais ce qu'on ne pourrait supposer dans des conditions de climat si défavorables, ni le versant sud ni le versant nord du Semmering ne sont exposés à être encombrés par les neiges. La violence du vent les disperse au lieu de les laisser s'accumuler sur ce point, et l'exploitation de la ligne, si difficile à tant d'égards, n'a pas à lutter contre cette nouvelle difficulté. Nous verrons plus loin que la ligne de Vienne à Trieste n'est pas partout dans ces conditions.

Troisième tronçon. — De Mürzuschlag à Franzdorf
(337 kilomètres).

Ce tronçon, jusqu'au point où il atteint la rive gauche de la Save, appartient à la Styrie; au delà, à la Carniole. Il se décompose d'ailleurs en plusieurs parties : la première, de Mürzuschlag à Brück, suit presqu'en ligne droite la vallée de la Mürz; elle a une longueur de 41 kilomètres. A Brück,

on trouve la vallée de la Mur, qui descend par Leoben du district de Salzbourg. La Mur éprouve à Brück un changement de direction presqu'à angle droit sur sa direction primitive et sur celle de son affluent la Mürz. Elle passe ainsi à Gratz, la capitale de la Styrie. En cette ville se détache un petit embranchement, à droite, exploité par une compagnie particulière, et aboutissant aux mines de charbon de Koflach. Entre Gratz et Brück, le chemin de fer traverse la Mur et passe sur sa rive droite, le long de laquelle il se développe jusqu'à la station d'Ehrenhausen. Là se termine la seconde partie du tronçon, longue de 96 kilomètres.

La troisième partie, d'Ehrenhausen à Saint-Georgen, sur une longueur de 79 kilomètres, comprend la traversée du faîte qui s'étend entre la Mur et la Drave, la traversée de la Drave à Marbourg, puis la sortie du bassin de cette rivière; elle comprend de plus les stations de bifurcation où se détachent, à droite, la ligne de Karinthie, remontant de Marbourg par Klagenfurt et Villach la vallée de la Drave; à gauche, la ligne de Hongrie, qui s'étend de Pragerhof vers Pettau, Kanischa, la rive S.-E. du lac Balaton, Stuhlweissenburg, jusqu'à la rive droite du Danube, à Uj-Szöny d'un côté, à Ofen de l'autre.

La quatrième partie, de Saint-Georgen à Franzdorf, appartient au bassin de la Save; elle a 121 kilomètres de longueur; sur ce parcours, 38 kilomètres font aboutir, par la vallée du Sann, le tracé sur la rive gauche de la Save à Steinbrück, d'où se détache à droite la ligne de Croatie, vers Agram et Sziszek. Entre Steinbrück et Littay, le chemin de fer remonte la vallée très-étroite de la Save, et passe aux stations de Hrastnigg, Trifail, Sagor, Sava. Le tracé éprouve dans ce passage des courbes extrêmement multipliées et de petits rayons pour suivre toutes les sinuosités de la rivière, qui est resserrée entre deux murailles de rochers. Au delà de Littay, le chemin coupe la Save, et sort

un peu plus loin du défilé étroit où nous venons de le voir engagé. Il gagne la vallée de Laybach, touche cette ville, et laissant la Save à droite, remonte le cours de son affluent, la Laybach. Il traverse des fonds marécageux sur lesquels il a été assez difficile d'asseoir définitivement la voie, traverse la rivière sur un pont américain en charpente, et vient à Franzdorf buter contre le massif du Karst, où nous le suivrons tout à l'heure dans le quatrième tronçon.

A Mürzuschlag, le rail est à la cote 665; le tracé s'abaisse d'une manière continue jusqu'à Steinbrück, sur la Save, où il est à la cote 189,85; de là à Franzdorf il se relève et atteint, au bout du troisième tronçon, la cote de 331^{m},03. Les pentes et rampes sont très-limitées : le maximum atteint au plus 8 millimètres, et cela sur de très-faibles longueurs. La difficulté de l'exploitation dans ce tronçon ne vient pas des inclinaisons, mais seulement des courbes, qui sont extrêmement roides et multipliées, et qui exigent l'emploi de locomotives spéciales.

La constitution géologique du pays traversé par le troisième tronçon est extrêmement variée; à Mürzuschlag, on est à peu près à la limite du terrain primitif, qui forme le noyau central du massif des Alpes, et des terrains paléozoïques. Jusqu'au delà de Brück, le tracé demeure sur les terrains primitifs. Il traverse le terrain paléozoïque avant d'arriver à Gratz; puis il entre dans la formation tertiaire; mais il est à noter que l'embranchement de Köflach aboutit sur le revers oriental des Alpes à une masse crétacée isolée. A Marbourg, le tracé sépare à peu près le terrain primitif, d'un côté, du terrain tertiaire et du terrain jurassique de l'autre; sur les bords de la Save, il entre dans les formations houillères que l'on trouve en plusieurs points dans les masses jurassiques soulevées par les Alpes; enfin le Karst n'est qu'une masse crétacée, bornée au nord par les terrains jurassiques, et recouverte çà et là par des bandes peu

épaisses de terrains tertiaires, que nous allons avoir l'occasion d'examiner tout à l'heure avec quelques détails.

Quatrième tronçon. — Le Karst, de Franzdorf à Trieste
(124 kilomètres).

Le Karst est une ramification des Alpes, par laquelle cette grande chaîne se prolonge jusqu'en Dalmatie, et qui isole le bassin du Danube de celui de l'Adriatique. Comme constitution géologique, cette montagne, nous l'avons déjà indiqué, appartient à l'époque crétacée; elle est formée d'un massif caverneux dont la surface a éprouvé, en une multitude de points, des affaissements et des effondrements divers. Les grottes d'Adelsberg, qui ont une grande célébrité, sont des excavations naturelles dans la montagne; elles présentent une suite de salles, dont quelques-unes ont de 30 à 45 mètres de hauteur, et qui pénètrent dans l'intérieur du sol jusqu'à plus de 2 kilomètres de distance. Des stalactites de grandes dimensions donnent, à la lumière, les reflets les plus variés. Ces grottes s'ouvrent près de la station d'Adelsberg, sommet de la rampe que gravit le chemin de fer. La surface du Karst présente elle-même beaucoup d'intérêt; d'anciens vides intérieurs semblent accusés extérieurement par des cônes effondrés, entre lesquels circule la voie ferrée. Cette configuration du sol est plus spéciale au revers septentrional du Karst; une autre distinction entre les deux côtés de la montagne, c'est que la partie septentrionale renferme quelque végétation et qu'on y voit des bouquets de bois, tandis qu'en approchant de Trieste on entre daus un terrain complétement nu, où le sol prend un aspect désolé. Tel est l'aspect de la face qui plonge dans la mer Adriatique, Cette grande masse calcaire est trop perméable pour retenir l'eau nécessaire à la végétation; les pluies entrent dans le sol et pénètrent à une

grande profondeur avant de trouver de banc imperméable qui les retienne. Aussi voit-on d'un côté à Trieste, de l'autre au-dessus de Laybach, des sources très-abondantes qui mettent tout d'un coup au jour le produit du drainage entier d'un massif sec à la surface.

Une autre conséquence fort importante de cette perméabilité absolue du Karst, s'observe dans la forme de la côte de l'Adriatique. La plaine de la haute Vénétie, les contrées plates et basses arrosées par des torrents, comme la Piave et le Tagliamento, sont le produit d'alluvions arrachées au revers méridional des Alpes et charriées par les eaux, puis déposées successivement à l'embouchure des cours d'eau. De là la formation de cet immense marchepied qui n'est peut-être pas encore fixé aujourd'hui, et qui a repoussé successivement la mer en créant toujours de nouveaux rivages. Dès qu'en venant de Venise on dépasse Goritz pour se rapprocher de Trieste, l'aspect du pays change : les montagnes serrent de près la côte et plongent directement dans les eaux. Ce brusque changement vient de la différence d'action des eaux de pluie, qui ravinent et dénudent les flancs imperméables des Alpes Carniques, tandis qu'elles pénètrent sans résistance dans les coteaux perméables du Karst et des montagnes de l'Istrie. De là résulte aussi que la côte orientale de la mer Adriatique, avec ses anfractuosités nettes et bien accusées, est toute faite pour l'établissement des ports : c'est là que se trouvent en effet Trieste et Fiume, tandis que les ports de la côte opposée, sans en excepter Venise, ont été destinés, dès leur origine, à une décadence irremédiable, décadence qui en a amené quelques-uns à être aujourd'hui au milieu des terres. Et cette circonstance géographique explique que la puissance maritime de la nation qui possède la côte occidentale de l'Adriatique n'est assurée qu'autant que la côte orientale y est jointe. La république de Venise possédait à la fois ces deux rivages, et le port Dalmate de Zara était aussi

utile à son indépendance que celui de Venise lui-même (*).

Aujourd'hui l'Autriche a succédé à la république de Venise, et si l'Italie parvient à s'arrondir encore aux dépens de sa voisine, la prétention de reporter la frontière italienne au moins jusqu'à la baie de Quarnero sera fondée sur les précédents historiques et sur la nature des choses. Ou la frontière naturelle de l'Allemagne est au Mincio, ou la frontière naturelle de l'Italie est à Fiume.

La différence de configuration de la côte s'aperçoit très-distinctement du chemin de fer, soit entre Nabresina et Goritz, soit entre Nabresina et Trieste.

A partir de Franzdorf, le chemin de fer monte sur près de 25 kilomètres, par une rampe dont l'inclinaison maximum atteint 11 millimètres; les courbes dans cette partie sont moins roides que dans les tronçons précédents. Parvenu à Planina, sur les plateaux d'Adelsberg et de Saint-Peter, il s'y développe sur une longueur totale de 44 kilomètres à une cote voisine de 600 mètres. Il atteint ainsi la station d'Ober-Lesece, d'où il commence à redescendre. La descente sur l'Adriatique a une longueur de 56 kilomètres, avec des pentes qui vont jusqu'à 12 millimètres 1/2. C'est dans cette partie que se trouve la station de Nabresina, où le tracé, après avoir franchi sur un viaduc une dépression de terrain, lance à droite l'embranchement qui va, en pente de 12, rejoindre Goritz, le Frioul et les plaines de Vénétie. La ligne principale tournant à gauche, vient se développer sur le flanc du coteau qui domine Trieste, passe au-dessus du château de Miramar, propriété de l'empereur du Mexique, et aboutit à Trieste, le long du lazaret et de la Darse, à la

(*) Rappelons que c'est au xe siècle que la république de Venise se rendit indépendante de l'empire d'Orient, dont elle avait été jusque-là sujette, au moins nominalement, et que c'est la conquête des villes maritimes de l'Istrie et de la Dalmatie qui assura définitivement sa prépondérance.

cote de 10 mètres, dans un périmètre irrégulier, peu commode et surtout insuffisant.

En plan, le tracé comprend quelques sinuosités qu'il importe de signaler. La montée sur la face du nord présente une grande courbe, qui ramène le tracé dans la direction du golfe de Fiume. A Saint-Peter, sur le plateau, le chemin de fer passe à 42 kilomètres de cette ville, le port préféré des Hongrois. Aussi est-il question de faire un embranchement qui amènerait directement à ce port de l'Adriatique les grains et les autres produits de la Hongrie. A Sessana, le tracé se trouve à vol d'oiseau à 10 kilomètres au plus de Trieste, et la route de terre y conduit directement, tandis que le chemin de fer se développe, pour adoucir sa déclivité, dans le coude de Nabresina, qui a 35 kilomètres de longueur.

Nous venons de décrire toute la ligne de Vienne à Trieste, et nous résumerons notre description, au point de vue du tracé, dans un tableau.

DÉSIGNATION des tronçons.	LONGUEURS.	SUBDIVISIONS.	LONGUEURS.	COTES.	INCLINAISONS maxima.
	kil.		kil.	mètres.	mill.
1er tronçon. De Vienne à Gloggnitz.	75	De Vienne à Neustadt. . . .	48	190 à 253	3,50
		De Neustadt à Gloggnitz. . .	27	253 à 422	7,69
2e tronçon. Le Semmering, de Gloggnitz à Mürzuschlag.	42	*Montée :* de Gloggnitz à Semmering.	28	422 à 879	25,00 (28,00)
		Descente : de Semmering à Mürzuschlag.	14	879 à 665	25,00
3e tronçon. De Mürzuschlag à Franzdorf.	337	De Mürzuschlag à Brück (vallee de la Mürz).	41	665	
		De Brück à Ehrenhausen (vallee de la Mur).	96	à	
		D'Ehrenhausen à St-Georges (traversée de la Drave). . .	79	190 (Steinbrück.)	7,69
		De St-Georges à Franzdorf (traversée de la Save). . .	121	à 331	
4e tronçon. Le Karst, de Franzdorf à Trieste.	124	*Montée :* de Franzdorf à Planina.	23	331 à 600	11,00
		Plateau : de Planina à Ober Lesece.	41	600	3,00
		Descente : d'Ober Lesece à Trieste.	56	600 à 10,11	12,50
Total. . .	578				

LA LIGNE DE VIENNE A TRIESTE AU POINT DE VUE DE L'EXPLOITATION.

La ligne de Vienne à Trieste a 88 stations, y compris les deux gares extrêmes. Laissant de côté les petites stations étrangères au service de la traction, on peut réduire la ligne aux points suivants :

Tableau des stations alimentées.

Distance entre les alimentations.	STATIONS.	DÉPÔTS de combustible.	Distance entre les dépôts de combustible.		EMBRANCHEMENTS.
kilom.			kilom.		
3,4	*Vienne*	Combustible.			
11,8	Meidling				
10,8	*Mödling*		48		A gauche sur Laxenbourg.
22,2	*Baden*			1er tronçon.	
14,4	*Neustadt*	Combustible.		75 kilomètres.	A gauche sur Oedenbourg.
12,3	Neunkirchen		27		
7,1	*Gloggnitz*	Combustible.			
10,3	Payerbach				
5,3	Klamm		42	2e tronçon.	
5,8	Breitenstein			Le Semmering,	
7,1	Semmering			42 kilomètres.	
6,2	Spital				
23,4	*Mürzzuschlag*	Combustible.			
17,8	Kindberg		41		
33,1	*Bruck*	Combustible.			
20,3	Peggau		53		
23,6	*Graz*	Combustible.			A droite sur Köflach.
23,1	Wildon				
18,6	Spielfeld		65		
15,7	*Marburg*	Combustible.			A droite sur Villach (ligne de Karinthie).
14,0	*Pragerhof*			3e tronçon.	A gauche sur Ofen (ligne de Hongrie).
34,3	Pöltschach		67	337 kilomètres.	
24,3	*Cilli*	Combustible.			
17,1	*Steinbrück*		42		A gauche sur Agram en Sisseck (lignes de Croatie).
31,9	Sagor	Combustible.			
14,9	Laasse		47		
21,4	*Laybach*	Combustible.			
16,8	Franzdorf		38		
11,2	*Loitsch*	Combustible.			
14,5	Rakek				
13,1	*Adelsberg*				
11,3	Saint-Peter		72	4e tronçon.	
22,0	Ober Lesece			Le Karst,	
18,5	Sessana	Combustible.		124 kilomètres.	
16,6	*Nabresina*		35		A droite sur Goritz et la Vénétie.
	Trieste	Combustible.			

Les intervalles sont réglés de la manière suivante :

Entre deux stations :

	kilom.
Intervalle moyen pour toute la ligne.	6,6
Plus grand intervalle entre Poltschach et Ponigl. .	15,8
Moyenne de Vienne à Gloggnitz.	3,5
— de Steinbrück à Trieste.	8,72

Entre deux alimentations consécutives :

	kilom.
Plus grand.	34,3
Plus petit.	3,4
Moyen : pour le Semmering.	7
— pour le Karst.	15,5
Moyenne générale.	16,5

Entre deux dépôts consécutifs de combustible :

	kilom.
Plus grand.	72
Plus petit.	27
Moyen.	48

La double voie n'est pas encore posée partout sur la ligne de Vienne à Trieste; à ce point de vue, la ligne se décompose ainsi :

Double voie :	kilom.	*Simple voie :*	kilom.
De Vienne à Mürzuschlag.	117	De Mürzuschlag à Graz. .	94
De Graz à Kalsdorf.	13	De Kalsdorf à Marbourg.	52
De Marbourg à Trieste . .	302	Totaux. . .	146
Totaux. . .	432		

Les tronçons extrêmes sont donc à double voie, plus le petit tronçon moyen de Graz à Kalsdorf, qui se trouve au milieu de la ligne, et donne une grande facilité pour le croisement des trains.

Les relais des machines de la ligne de Vienne à Trieste sont intéressants, non-seulement parce que ce sont des limites du service de la traction, mais encore parce que la plupart d'entre eux sont des points où s'opèrent les changements de types de machine; en voici la distribution générale :

		Longueur d'emploi des types.
1er Relais.— De Vienne à Gloggnitz, 1er type de machine.		75
2e Relais.—De Gloggnitz à Mürzuschlag, 2e type. . .		42
3e Relais.—De Mürzuschlag à Marbourg	3e type . . .	315
4e Relais. — De Marbourg à Laybach. . .		
5e et dernier Relais. — De Laybach à Trieste, 4e type . .		146

Le premier type de machine est un type ordinaire pour les courbes de grands rayons, et les pentes limitées du premier tronçon. Ces machines peuvent aller, comme nous l'avons vu, jusqu'à Payerbach.

Les machines du second type ont été tout d'abord les célèbres machines Engerth, à 5 essieux moteurs, dont 3 pour la machine et 2 pour le tender, avec transmission du premier groupe au second par des engrenages. Les essais, qu'on a poursuivis pendant plusieurs années sur ces machines, ont amené dès le principe à détruire la transmission des essieux de la locomotive à ceux du tender; jusqu'en 1853, la machine Engerth a fonctionné comme locomotive à 3 essieux seulement. Aujourd'hui, on a modifié de fond en comble le type Engerth en ce qui concerne la locomotive à marchandises; elle a reçu 4 essieux au lieu de 3, les distances des deux essieux extrêmes atteignant seulement 3m,438. Un jeu de 20 millimètres dans le sens de l'axe donné au dernier essieu, suffit pour assurer le passage dans les courbes du Semmering. Les roues de cette machine ont un diamètre de 1m,065. La machine à voyageurs ayant des roues de 1m,264, n'a pu recevoir une semblable modification et fonctionne seulement avec trois essieux moteurs, dont l'écartement extrême est de 2m,727.

Avec les anciennes machines à marchandises, les trains devaient être divisés en trois pour franchir le Semmering; la limite réglementaire du poids des trains était de 130 tonnes par un beau temps; elle est aujourd'hui de

175 tonnes avec les machines nouvelles à 4 essieux; on ne décompose plus les trains qu'en deux, à moins de brouillards et de mauvais temps. Les dépêches télégraphiques informent les chefs de stations de Gloggnitz et de Mürzuschlag de l'état du temps dans la montagne. Les trains passant le Semmering dans le sens Trieste-Vienne peuvent être un peu plus chargés que ceux qui vont dans le sens de Vienne-Trieste; les règlements concèdent à cet égard une latitude de 5 tonnes en plus.

La montée se fait à l'aide de la machine, à des vitesses de 15 à 16 kilomètres pour les marchandises et de 18 à 19 pour les voyageurs. Les trains de cour marchent à la vitesse de 30 kilomètres environ. La descente se fait par l'action seule de la pesanteur, tous les freins étant serrés. Le mécanicien est prêt à faire contre-vapeur dans le cas où la vitesse irait s'accélérant. Un essieu sur deux dans les trains de voyageurs, un essieu sur quatre dans les trains de marchandises doivent être munis de freins; et malgré les recommandations faites aux agents des trains de ne pas laisser les freins constamment en prise, les sabots sont brûlés en quatre à cinq voyages. Le passage du Semmering est sans contredit une très-grande gène pour l'exploitation. Nous empruntons à une note de M. Desgrange un extrait du tableau qui fait ressortir les rapports des dépenses sur le Semmering et sur les autres lignes du sud de l'Autriche; les dépenses sont rapportées au train complet, sans tenir compte de la division des trains sur le Semmering.

NATURE DES DÉPENSES.	SEMMERING		Autres sections de la ligne de Vienne à Trieste, marchandises et voyageurs.
	Marchandises trains complets de 250 tonnes.	Voyageurs.	
	fr.	fr.	fr.
Traction	4,31	2,155	1,238
Voie	3,26	1,63	0,722
Mouvement	0,99	0,99	0,99
Administration générale	0,15	0,15	0,15
Total par kilomètre de trains	8,71	4,925	3,100

Le Semmering est donc surtout défavorable en ce qui concerne les trains de marchandises, comme dépense de voie et de traction, et il est heureux pour la ligne de Vienne à Trieste que ce soit un passage très-court. A d'autres points de vue, c'est un passage dangereux ; la rupture de l'attelage d'un train de marchandises peut amener de graves accidents. Les courbes, dans des pentes si roides, augmentent de beaucoup encore le danger. C'est donc un passage où la plus scrupuleuse surveillance est de rigueur. Toutes ces raisons conduiront la compagnie, quand le chemin de fer d'OEdinbourg à Kanischa sera construit, à détourner sur cette ligne en plaine le mouvement de marchandises de Vienne vers Trieste, qui aujourd'hui a la montagne à franchir.

Le troisième type de machines, qui s'applique entre Mürzuschlag et Laybach, avec relais à Marbourg, est construit de manière à passer dans les courbes de petit rayon ; on a longtemps tâtonné avant d'arriver au type aujourd'hui adopté. Cette locomotive a deux essieux moteurs ; elle porte en outre à l'avant sur un petit chariot monté sur deux essieux et pouvant tourner autour d'une cheville ouvrière, à laquelle il est réuni par une flèche de courte dimension. La région parcourue par ce type n'a nulle part de pentes fortes.

Le quatrième type, qui est employé de Laybach à Trieste,

est la machine Engerth transformée, c'est-à-dire séparée de son tender; on a augmenté les dimensions du tender pour pouvoir y mettre une plus grande provision de charbon; c'est ce qu'on appelle en Allemagne un *schlepp-tender* (*). Le mouvement sur le Karst n'exige pas le dédoublement des trains; cependant, pour monter des rampes de 12, on est conduit à avoir recours à des machines de renfort. Ces machines prennent les trains à Franzdorf et les conduisent à Adelsberg et, quand le temps est mauvais, à Saint-Peter. Ce service de pilotage ne se fait que dans la direction de Trieste, car tout le mouvement de marchandises lourdes se fait dans ce sens, et les trains revenant dans le sens opposé sont beaucoup moins pesants.

Nous n'insistons pas ici sur l'appréciation technique de ces conditions d'exploitation, dans l'intention de consacrer plus loin à cette étude un chapitre spécial.

Le combustible employé pour le service des machines est le lignite tiré de Leoben.

La neige, comme on l'a vu plus haut, n'a pas fait jusqu'ici obstacle à l'exploitation du Semmering; il est fréquent, au contraire, qu'elle interrompe le mouvement sur le Karst. L'absence de bois facilite l'invasion des neiges; pour protéger la voie, on a relevé en palissades continues sur les points les plus exposés les traverses réformées de la voie. Ce procédé est usité dans le nord de l'Allemagne, et il réussirait probablement au Karst, si les habitants du pays ne détruisaient pas constamment ces barricades pour s'emparer du bois comme d'une matière précieuse. Il faudra chercher un autre système dont les matériaux soient moins tentants pour ces populations déshéritées. C'est sur le Karst que la neige nuit le plus à l'exploitation; la ligne de Ka-

(*) Schlepp est probablement le même mot que le mot anglais *sloop;* sur le Danube, ce mot désigne des bateaux, grandes *chaloupes* remorquées par les bateaux à vapeur.

rinthie, qui s'engage dans les gorges profondes de la vallée de la Drave, a été jusqu'ici peu exposée; il est vrai que l'exploitation y est encore rudimentaire. Pendant l'hiver de 1864, les trains ont toujours pu s'y frayer une route avec la charrue à neige, ce qui suppose une faible épaisseur à déblayer (*).

La voie de la ligne de Vienne à Trieste a la largeur de la voie française; le rail est à base plate, posé sur les traverses, avec éclisses au joint. La forme adoptée pour les aiguilles est remarquable par la grandeur peut-être exagérée de ses dimensions. Le rail mobile dans lequel l'aiguille est découpée est un rail à pont à section pleine; le dessus de ce rail est refouillé de manière à faire saillir une arête supérieure, qui s'incline du talon à la pointe de l'aiguille, et vient, dans l'état de fermeture de ce côté du changement de voie, se loger sous le champignon du rail fixe; l'une des deux semelles du rail à pont est conservée, et assure à l'aiguille une grande roideur transversale. Ce type, en un mot, ne semble pas pouvoir être faussé comme les aiguilles qui se terminent par une pointe moins bien nourrie latéralement.

Lorsque la ligne fut construite, les ingénieurs, on ne sait sous l'empire de quelle préoccupation, enfermèrent le ballast entre deux bourrelets de terre argileuse qui n'avait d'autre effet que d'y retenir l'humidité. La compagnie a fait cesser ce singulier état de choses en enlevant ces malencontreux accotements, pour y substituer le talus naturel du ballast.

On peut noter encore une particularité curieuse : les ponts

(*) Depuis que cet article est écrit, une intéressante note sur les moyens de prévenir les amoncellements de neige, et sur les précautions prises en Allemagne pour défendre les voies ferrées, a paru dans les *Annales des ponts et chaussées*, juillet et août 1865. Ce travail est dû à M. Nordling, ingénieur en chef du réseau central de la compagnie d'Orléans.

métalliques que l'on rencontre sur cette ligne n'ont presque jamais un tablier complet; dans les uns ce sont les voies, dans les autres c'est l'entrevoie qu'on laisse à l'état béant.

Les bâtiments des stations sont en général commodément disposés pour le public; dans les stations d'une certaine importance, le bâtiment où se trouvent la distribution des billets et les salles d'attente est séparé de la voie par un large trottoir couvert et abrité d'un côté, isolé des rails par une balustrade, et dans lequel les voyageurs peuvent attendre les trains. Conformément à un usage utile introduit maintenant en Autriche, tout le monde a le droit de pénétrer dans la gare en prenant une carte d'entrée dont le prix est de 20 kreuzer (*). Les produits de cette rétribution sont versés dans les caisses de secours pour les agents des compagnies. Il serait à souhaiter qu'on introduisît en France un usage analogue; un prix d'entrée même modique suffit pour écarter les oisifs et les curieux, et l'on serait sûr de n'admettre dans les gares que ceux qui y sont réellement amenés par une nécessité quelconque.

SIGNAUX A CLOCHE.

Les signaux établis sur la ligne de Vienne à Trieste consistaient autrefois en paniers d'osier ou en lanternes que l'on hissait au haut d'un mât. Ce système exigeait un nombreux personnel, et surtout dans la portion de la ligne où le tracé a des inflexions fréquentes, le nombre des mâts étant très-multiplié, les gardes ne parvenaient pas à les manœuvrer en temps utile. On a renoncé aujourd'hui à ces appareils, qui ne présentaient que des garanties insuffisantes, et l'on est en train d'y substituer partout les signaux acoustiques ou signaux à cloche, universellement adoptés dans toute l'Allemagne du Nord, et qui donnent de bien meilleurs résultats.

(*) 50 centimes.

Nous donnerons ici une courte description de ce système.

Les stations et les maisons de garde de la ligne sont réunies les unes aux autres par un fil télégraphique spécial, distinct du fil qui fait communiquer directement les stations entre elles. Dans le premier fil passe un courant continu, qu'on interrompt pour faire les signaux. Cette disposition a un avantage, celui de montrer clairement, à un moment quelconque, si l'appareil est en bon état, mais elle a l'inconvénient d'exiger l'action continue de la pile, ce qui est une cause de dépense. On a proposé, pour plus d'économie, de faire passer le courant seulement au moment de télégraphier. La chose est facile pour les stations; mais si l'on veut la rendre possible dans les maisons de garde, il faudrait y mettre à demeure une pile toute prête à fonctionner pour le service des trains en détresse; or cette pile aurait probablement le sort de tous les appareils dont on ne se sert qu'exceptionnellement, et serait, au moment du besoin, hors d'état de rendre les services qu'on en attendrait.

On a aussi proposé de réduire à un seul les deux fils télégraphiques qui joignent l'une à l'autre deux gares consécutives. L'appareil à un fil permettrait à une gare de parler à la gare suivante, sans agir sur les sonneries des maisons de gardes intermédiaires. Un tel résultat suppose que le courant prend à volonté deux intensités différentes l'une de l'autre, et cependant bien définies, le courant faible ne décrochant pas le poids moteur des sonneries des maisons de gardes, tandis que le courant plus intense met tous ces appareils en mouvement. Il paraît difficile qu'avec un système aussi délicat on soit bien sûr des effets produits. La compagnie l'a du reste mis en expérience sur la petite ligne de Stuhlweissenbourg à Uj-Szöny.

Les appareils employés sur la ligne de Trieste sont ceux de MM. Siemens et Halske, de Berlin, et ceux de M. Léopolder, de Vienne. Nous regrettons de n'avoir pu en repro-

duire ici les dessins. Quant à l'usage de ces signaux, il suffira d'extraire l'article suivant du règlement général.

« Art. 10. — Les sonneries électriques, établies sur les lignes aux maisons de gardes, et dans les stations aux entrées des gares et aux bureaux du télégraphe servent à faire aux trains des signaux, conformément aux prescriptions suivantes :

Les signaux à l'aide de la cloche sont faits au moyen de coups de cloche groupés de la manière indiquée ci-dessous :

●●● Un train vient dans le sens partant de Vienne;

●●● — ●●● Un train vient dans le sens aboutissant à Vienne;

●●● — ● — ●●● Un train vient dans le sens partant de Vienne, sur la mauvaise voie;

●●● — ●●● — ● — ●●●● Un train vient dans le sens aboutissant à Vienne, sur la mauvaise voie;

●● — ●●●● — ●● Appel d'une machine de secours (le chef du train en détresse fait ce signal après avoir déchiré le scellé qui couvre le bouton de l'appareil dans la maison de garde);

●●● — ●● Le train attendu actuellement dans le sens venant de Vienne n'est pas expédié;

●●● — ●●● — ●● Le train attendu actuellement dans le sens aboutissant à Vienne n'est pas expédié;

●●●●●●●●●●●● Midi;

● Compris;

● — ●● — ● Il y a un trouble dans les fils télégraphiques.

●●●●● — ● — ●●●●● Tous les trains doivent être arrêtés et être avisés de ce signal.

La direction partant de Vienne s'interprète ainsi sur les diverses lignes du réseau : Vienne à Trieste; Mödling à Laxenbourg ; Neustadt à OEdenbourg ; Marbourg à Villach ; Pragerhof à Ofen ; Stuhlweissenbourg à Uj-Szöny ; Steinbrück à Sisseck ; Nabresina à Monfalcone.

Les coups de cloche séparés se donnent en abaissant brièvement la touche à des intervalles de 3 secondes ; les pauses entre deux groupes doivent durer 9 secondes.

La touche ne doit pas être de nouveau abaissée avant que la cloche ait fini de sonner.

Quand on a commencé à donner un signal, il ne doit jamais être interrompu.

Les touches des appareils des maisons de gardes sont placées sous des scellés qui ne peuvent être levés par les simples gardes; les scellés ne peuvent être déchirés que par un agent supérieur de la voie ou par le chef d'un train, et seulement dans le cas où une demande de secours est à faire. Dans ce cas, le scellé sera réapposé par l'agent supérieur de la voie à sa première tournée sur la section.

Le signal *demande de secours* doit être répété jusqu'à ce qu'une station donne le signal *compris*.

Pour un seul et même train, la demande de secours ne peut émaner que d'une seule maison de garde.

Quand l'appareil d'une maison de garde ne fonctionne pas, le signal doit être donné par l'appareil de la maison de garde la plus voisine.

Le signal d'heure (*midi*) est donné par les stations dans la direction de Vienne à Trieste exactement à midi. C'est d'après ce signal que les montres de tous les gardes doivent être réglées.

Quand on a donné le signal *arrêtez tous les trains*, chaque garde doit, devant sa maison, établir les signaux d'arrêts et poser les pétards; et se mettre en marche dans la direction Vienne-Trieste jusqu'à la maison de garde suivante pour arrêter tous les trains qui viennent au-devant de lui, et pour donner communication du signal entendu à chaque chef de train. Cet arrêt des trains doit être continué jusqu'à ce qu'un nouveau signal donné par la cloche annonce un train venant dans une direction définie.

Quand les appareils ne fonctionnent pas, la voie et tous les passages à niveau doivent être surveillés d'une manière continue, et les trains attendus selon l'heure réglementaire.

Ne sont pas signalés par les signaux à cloche :

Tous les trains réguliers réglementaires, tant qu'ils n'ont pas plus de quinze minutes de retard.

Sont considérés comme trains réguliers réglementaires :

Tous les trains prévus dans l'ordre général du mouvement, dont la circulation a lieu chaque jour, ou dont la circulation a été annoncée au personnel de l'exploitation pour une période de 3 jours au moins par avis écrits ou imprimés.

Tous les trains de cour, tous les express, tous les trains *expédiés par nécessité* (*), qui sont annoncés pour moins de 3 jours, tous les trains partant avec plus de 15 minutes de retard d'une station; tous les trains extraordinaires non prévus dans l'ordre général de circulation, tout train qui circule par exception sur la mauvaise voie, toute machine circulant isolément, tout train pour l'enlèvement des neiges (charrue à neige) et tout train de secours, doivent être signalés au moyen des sonneries électriques, et cela, 5 minutes avant le départ de ces trains, dans celles des stations où cela est faisable; dans celles des stations où à raison d'un arrêt trop court, ou de la simple traversée de la station, cela n'est pas possible, le signal doit être exécuté immédiatement avant, et autant que possible, quelques minutes avant le départ.

Le signal au moyen des sonneries électriques n'exclut pas l'emploi des avis écrits; au contraire ces avis doivent être employés toujours simultanément avec les signaux à cloche, selon le règlement du mouvement partout où les circonstances le permettent. »

CHAPITRE II.

LE BRENNER.

Le chemin de fer actuellement en construction d'Innsprück à Botzen rattache, à travers les Alpes du Tyrol, la

(*) Erfordernisszüge.

vallée de l'Inn, tributaire du Danube, à la vallée de l'Adige, tributaire de l'Adriatique; il franchit un faîte unique, au col du Brenner, et la topographie de la montagne permet d'effectuer ce passage sous des inclinaisons qui ne dépassent pas celles du chemin du Semmering, et avec des courbes d'un plus grand rayon, bien que la cote du point le plus haut du tracé soit 1.367 mètres, tandis qu'au Semmering elle atteint seulement 879 mètres.

§ 1er. *La ligne du nord du Tyrol.*

La ligne du Tyrol n'est actuellement rattachée au réseau autrichien que par l'intermédiaire d'une ligne bavaroise qui de Kufstein rejoint à Rosenheim la ligne de Salzbourg à Munich, prolongement du chemin de fer autrichien de Vienne à Salzbourg, et partie intégrante du chemin direct de Vienne à Paris. Ce chemin touche à Salzbourg le pied des montagnes, y traverse la Salzach, puis entre dans la plaine de la Bavière, qu'il suit jusqu'à Augsbourg. Cette partie de la Bavière offre aux yeux un plateau raviné, appuyé vers le sud aux montagnes du Tyrol, recouvert des matériaux du Diluvium Alpin, avec des dépressions tourbeuses. Les rivières qui descendent des Alpes ont l'aspect trouble des eaux sauvages; elles remuent des masses de cailloux roulés. Les matériaux de construction de ces localités présentent un caractère analogue : ce sont pour la plupart des poudingues ou conglomérats où le caillou se trouve emprisonné. Le revers des coteaux sont couverts de bois de sapin; le plateau a une apparence triste et pauvre. Les paysages, charmants quand on s'approche de la montagne, comme à Salzbourg, deviennent monotones dès qu'on s'en est éloigné.

La station de Rosenheim est située sur la rive gauche de l'Inn, et sert de point de départ à la ligne du Nord du Tyrol, qui en suit le cours jusqu'à Innsprück. Jusqu'à

Kufstein, sur une longueur de 34 kilomètres, elle est sur le territoire bavarois. A Kufstein, elle pénètre dans le Tyrol autrichien ; les tours et les fortifications étagées signalent ce passage de la frontière. Un vieux château, à Kufstein, subsiste en outre sur un cône isolé qui reste debout au milieu de la vallée. On peut observer, dans la vallée de l'Inn, plusieurs cônes analogues qui ont résisté à l'action du courant à l'époque où s'est creusée la vallée de la rivière. Le chemin de fer a trouvé facilement une place dans cette vallée, moyennant quelques changements de rive. Il passe à la station de Wörgl, où aboutit une route qui va rejoindre Salzbourg sans entrer en Bavière ; à la station de Brixlegg, située plus loin, il perce en souterrain le contrefort sur lequel sont bâtis la ville et le vieux château. Il est dans cette partie sur la rive droite de l'Inn ; il repasse ensuite sur la rive gauche, pour ne plus la quitter qu'à Innsprück ; le versant droit de la vallée s'ouvre et donne passage à une vallée affluente : le Ziller-Thal, au fond de laquelle se montrent des sommets élevés. Le chemin arrive devant Schwatz, gros bourg situé sur la rive droite de l'Inn, puis il passe à Hall, ville ancienne, au point où aboutissait autrefois la route de Brenner. Cette ville est un grand centre de production pour le sel, que l'on tire des montagnes de la Salzberg. Le sel de Hall, l'argent et le cuivre de Rattenberg, et les fers de Ienbach, sont les principales productions industrielles de cette vallée. C'est à Hall que l'Inn commence à être navigable. Des travaux de défense des rives sont exécutés en plusieurs points. Enfin le chemin de fer, après Hall, arrive à Innsprück, dans la capitale du Tyrol, à 600 mètres au-dessus du niveau de la mer ; il traverse l'Inn et sa vallée sur un pont suivi d'un viaduc extrêmement long et peu utile ; la station se trouve ainsi sur la rive droite. C'est là que le chemin de fer se termine en attendant l'ouverture du prolongement sur le Brenner.

§ 2. *Innsprück et la topographie générale des Alpes du Tyrol.*

Le cours de l'Inn se divise en trois parties : la première, à partir de la source, est toute entière comprise sur le territoire suisse; elle constitue la vallée de l'Engadine, et arrose une partie du canton des Grisons, la ligue de la Maison de Dieu. Vient ensuite la partie tyrolienne, qui se subdivise à Innsprück en deux parties à peu près égales; enfin l'Inn entre en Bavière, puis sépare la Bavière de l'empire d'Autriche; c'est la troisième partie de son cours.

La partie supérieure du cours de l'Inn est séparée par des faîtes élevés de cours d'eau qui ont une destination définitive bien différente de la sienne.

Le faîte qui termine son versant gauche sépare l'Inn de la vallée du Rhin; cette ligne de démarcation pénètre sur le territoire autrichien, de sorte qu'une partie de ce territoire, le Vorarlberg, envoie ses eaux dans la vallée du Rhin, et de là dans la mer du Nord. Le faîte droit sépare l'Inn de la vallée de l'Adda, qui coule parallèlement, mais en sens inverse; le col d'où l'Inn descend d'un côté, conduit sur son autre face à Chiavenna, dans le bassin du lac de Côme. On trouve donc, dans un petit rayon, des eaux tributaires du Rhin, du Pô et du Danube, c'est-à-dire de la mer du Nord, de la mer Adriatique et de la mer Noire. Si l'on appuie vers l'est en quittant l'Adda, on trouve à peu de distance l'Oglio, affluent du lac Iseo; puis les vallées des affluents du lac de Garde et du Mincio. Le cours d'eau que l'on rencontre en continuant d'appuyer vers l'est est l'Adige, fleuve qui se rend directement dans la mer Adriatique. L'Adige prend sa source près de la frontière du Tyrol et des Grisons, à très-peu de distance de l'Inn supérieure; elle passe à Glurns, à Méran, laisse Botzen un peu à gauche prend alors la direction du nord au sud, passe à Trente, à Vérone, isolée du lac de Garde par un contre-fort de peu

d'épaisseur, oblique vers la gauche lorsqu'elle est sortie des montagnes, passe à Legnano, et va se jeter dans la mer en suivant une direction parallèle à celle du Pô.

La ligne d'Innsprück à Botzen joint l'Inn à l'Adige, en franchissant les Alpes. Ce passage, indiqué par les cours de deux grandes rivières, est connu depuis une haute antiquité. Si l'on en croit les traditions, le nom de Brenner n'est autre que le nom celtique de Brenn, et doit nous rappeler le passage des armées gauloises qui se jetèrent sur l'Italie. Plus tard, les Romains adoptèrent spécialement, pour passer dans la Gaule Transalpine ou dans la Rhétie, quelques-uns des cols des Alpes; le mont Cenis, le Simplon et le Luckmannier étaient leurs routes favorites; mais c'est par Brenner qu'ils gagnaient leurs provinces de la rive droite du Danube, qui forma vers le nord la limite de l'empire. Au moyen âge, cette route prit un nouveau degré d'importance. Au point de vue politique, elle fut pour les empereurs d'Allemagne la route la plus commode et la plus courte pour entrer en Italie. Le nom de Rivoli, et plus tard la révolte d'André Hofer, enfin la masse de fortifications modernes entassées par le génie autrichien sur le revers méridional jusqu'à Vérone, montrent que les vallées de l'Adige et de l'Eisack n'ont pas perdu de notre temps cette importance militaire. Au point de vue commercial, la route du Brenner a servi, pendant tout le moyen âge, de communication au commerce de Venise avec l'Allemagne du Nord, commerce dont la ville d'Augsbourg était, au nord des Alpes, le principal entrepôt. C'est un négociant d'Augsbourg qui, vers le XIV[e] siècle, rectifia à ses frais la route dans la portion comprise entre Saint-Verena et Botzen, et la ramena dans la vallée de l'Eisack, en la faisant descendre des hauteurs où elle avait été maladroitement tracée.

La décadence de Venise, produite par des causes multiples, et la rivalité des villes hanséatiques ont contribué

bientôt à faire baisser l'importance de cette grande artère européenne, à laquelle le chemin de fer rendra peut-être un peu de son activité passée. Commencée en 1864, cette voie sera ouverte en 1867, et ce sera la première voie ferrée traversant la grande chaîne des Alpes. Avant de l'étudier, jetons un regard sur le pays. Parmi les diverses parties qui composent l'empire d'Autriche, le Tyrol est celle où l'on trouve le plus de sympathie pour le gouvernement central; le caractère des populations y a une trempe particulière. Elles sont ardemment catholiques; Innsprück est un foyer ultramontain, et les idées religieuses qui ont cours dans ces montagnes semblent empruntées à un autre âge. Des statues informes représentant le Christ se rencontrent à chaque pas sur les routes. La dévotion italienne, bien différente, s'est plu à multiplier avec la même profusion les images de la Madone. Si l'on compare les Tyroliens aux Suisses, on est encore plus frappé des différences de leurs esprits, d'autant plus que le pays habité et les influences locales ont une analogie plus complète. Cette opposition de caractères a eu des conséquences politiques très-graves. Si le Tyrol eût été doué de cette passion d'indépendance qui au XIVe siècle souleva les premiers cantons suisses contre la maison de Habsbourg; si au lieu d'exagérer le zèle catholique il se fût laissé, au XVIe siècle, pénétrer, comme la Suisse, du levain de la réforme; si enfin la confédération helvétique avait pu s'adjoindre le Tyrol comme elle l'a fait des Grisons, ses voisins, l'indépendance nationale de l'Italie aurait été depuis longtemps assurée, et les Italiens n'auraient rien eu à craindre de l'Allemagne. Un matelas neutre eût prévenu les chocs entre ces deux vieilles ennemies irréconciliables. Même encore aujourd'hui, c'est le Tyrol autrichien qui fait la principale difficulté que l'on rencontre lorsqu'il s'agit de rendre la Vénétie italienne. Quoi qu'il en soit, les différences morales entre les Suisses et les Tyroliens sont un intéressant phénomène à observer.

et elles démentent cette théorie qui, dans les caractères nationaux, ne veut voir que le résultat de l'action du climat et des influences locales; s'il en était ainsi, le caractère tyrolien et le caractère suisse seraient semblables, tandis qu'ils sont tout opposés.

§ 3. *Le passage du Brenner.*

Le chemin de fer de Botzen a immédiatement au sortir de la gare d'Innsprück, une rampe de 25 millièmes qui, à peu d'exceptions près, se conserve jusqu'au faîte. Cette forte inclinaison, qui s'offre aux trains au moment même de leur départ, créerait un grand obstacle à l'exploitation du chemin; pour réduire cet inconvénient, on a songé à allonger le palier horizontal sur lequel est située la station d'Innsprück; les projets comprennent une rectification qui consisterait à rejeter la station d'Innsprück sur la rive droite du Sill-Bach, près du village de Pradl, et à prolonger du côté de Hall cette voie où les trains trouveraient un développement suffisant pour acquérir leur vitesse normale avant l'entrée sur la rampe. Cette solution demanderait la construction d'un pont sur le Sill.

La vallée du Sill-Bach, dans laquelle s'engagent à la fois le chemin de fer et la route, se trouve presque entièrement fermée par un contre-fort escarpé au point où elle débouche dans la vallée de l'Inn. La route s'élève à flanc de coteau par un tracé en lacet; une vieille route, plus directe et plus roide, a toute la déclivité de la montagne; c'est la voie que préfèrent encore les paysans tyroliens qui ne craignent pas de la descendre avec leurs charrettes. Le chemin de fer perce l'extrémité de ce contre-fort par un souterrain de 700 mètres, il suit en en sortant le versant de rive gauche du Sill, puis perce en tunnel un second contre-fort plus court que le premier, enfin traverse le Sill sur une voûte de 80 pieds d'ouverture. La route reste sur la rive

gauche, tandis que le chemin de fer, jusqu'à Matray, va se développer sur la rive droite du torrent.

Matray est situé à 16 kilomètres du point de départ du chemin de fer. La ligne y coupe trois fois le lit de la rivière, et perce en tunnel le contre-fort qui fait faire une boucle au cours d'eau; mais le Sill-Bach a été dévié et perce lui-même le contre-fort en souterrain, ce qui réduit à un le nombre des ponts nécessaires. La route et le chemin de fer se retrouvent ensemble sur la rive gauche de Matray et Steinach. C'est un peu au-dessous de cette petite localité que le chemin de fer repasse sur la rive gauche, qu'il ne doit plus quitter qu'en arrivant au col. Jusqu'ici, le tracé suit, sans grande déviation, la direction de la vallée. Steinach se trouve à la cote de 1 033 mètres et le col se trouve à la cote de 1 367 mètres; la distance par le thalweg s'élevant à peine à 12 kilomètres, il résulterait du tracé direct une pente moyenne de 28 millimètres, supérieure à la limite que l'on s'est imposée, et qui conduirait en définitive à des inclinaisons encore plus raides, puisque les stations établies sous des inclinaisons à peu près nulles, forceraient à excéder la moyenne qu'indique cette première opération. Une vallée affluente, suffisamment large, a servi très-heureusement à l'adoucissement de la pente. Cette vallée, appelée vallée de Schmirn, débouche à Stafflach, dans la vallée du Sill, à 3 kilomètres en amont de Steinach; le village de Saint-Jodocus se trouve au fond de cette vallée, sur le bout d'un contre-fort qui lui fait faire la fourche. Le chemin de fer s'engage dans la vallée de Schmirn par une courbe de 285 mètres de rayon, en remonte le flanc droit jusqu'à la hauteur de Saint-Jodocus, puis, par une série de courbes de 285 à 315 mètres de rayon, traverse les deux branches de la fourche, le ruisseau de Schmirn et le ruisseau de Vals, et perce en souterrain le contre-fort qui sépare ces deux ruisseaux. Une contre-courbe le ramène sur le flanc gauche de la vallée, de sorte qu'en plan le chemin dessine une

boucle presque fermée. Ce détour a une longueur de près de 4 kilomètres, et porte à 14 kilomètres 1/2 la distance entre Steinach et le faîte. L'allongement ainsi obtenu réduit à 25 la pente maximum, et permet même de l'adoucir dans le tunnel de Saint-Jodocus, où elle est de 17 1/2, et dans la station de Gries. Au-dessus de Gries, le Sill-Bach traverse un petit lac, le Brenner-see, tout voisin du faîte.

Le chemin de fer traverse le faîte sans tunnel, et la station de Brenner, à la cote de 1567, se trouve placée sur un petit remblai entre la source du Sill-Bach, à gauche, et la source de l'Eisack, à droite; ces deux cours d'eau coulent ainsi parallèlement l'un à l'autre, à une distance de 700 mètres, l'un vers le nord, l'autre vers le midi, et parcourent chacun sur une petite longueur une région horizontale et pour ainsi dire indifférente, qui sépare le bassin de l'Adriatique du bassin de la mer Noire.

Cette topographie du faîte distingue le Brenner de tous les autres passages des Alpes. Si l'on jette les yeux sur les profils en long des divers passages, par exemple sur les figures données par M. E. Flachat dans ses études sur la traversée des Alpes (1), et notamment sur la figure comparative de la page 29, on peut voir que pour les deux passages du Lückmannier, pour le Bernardino, le Splügen, le Saint-Gothard et le Simplon, le profil en long présente, sur les deux faces de la montagne, à des hauteurs qui varient de 1 100 à 1 700 mètres, une brisure dans le plan vertical, et que cette brisure fait succéder aux inclinaisons relativement faibles des parties inférieures des tracés, des déclivités doubles ou triples suivant les passages; les hauteurs des cols à franchir varient d'ailleurs de 1 900 à 2 400 mètres; pour opérer ces passages dans les limites de rampes usuelles, il faut abandonner les tracés à ciel ouvert et percer la mon-

(1) Étude du passage par le Simplon. Pages 22 à 29 (1860).

tagne par un tunnel de plusieurs kilomètres. La même disposition se présente au mont Cenis, où, malgré des pentes qui parfois atteignent 35, le tunnel de faîte aura 12 kilomètres de long, dont moitié en rampe de 22. Au Brenner au contraire, la cote la plus élevée n'atteint pas 1 400 mètres, et le tracé passe le faîte en remblai, avec des pentes qui n'excèdent nulle part 25. On voit qu'en ce point du faîte des Alpes, manque cette montée additionnelle qu'on rencontre vers les points élevés du Splügen, du Saint-Gothard ou du Simplon.

La descente du Brenner, jusqu'à Botzen, se décompose en deux parties : l'une, qui s'étend du faîte à Brixen, sous des pentes qui atteignent 22,5 ; l'autre de Brixen à Botzen, sous une pente limitée à 15. Dans la première de ces parties, le tracé, pour suivre la déclivité du fond de la vallée de l'Eisack, doit, comme sur le revers septentrional, gagner de la longueur dans une vallée affluente. Il s'engage à droite, dans la vallée du Pflersch-Thal, qu'il remonte sur une longueur de 7 000 mètres ; là il fait moitié en tunnel, moitié à ciel ouvert, un circuit de 285 mètres de rayon, qui le ramène à un niveau plus bas, sur le même versant, où il se développe parallèlement à sa direction primitive. A Gossensass, il rentre dans la vallée de l'Eisack, après avoir perdu 232 mètres de hauteur sur une longueur de 11 kilomètres comptés à partir de la station de Schelleberg, où sa déviation commence. La distance de ces deux points à vol d'oiseau est à peine d'un kilomètre.

L'Eisack, que le tracé retrouve, est devenu une rivière d'une certaine importance ; un peu au-dessous de Sterzing, cette rivière reçoit encore sur sa droite un affluent d'un volume égal au sien, le Mareiter-Bach. Les deux rivières, avant de se réunir, traversent une large plaine marécageuse. Sur la rive gauche, l'Eisack reçoit, un peu au-dessus, un autre affluent, le Pfitscher-Bach. Une pointe rocheuse, sur laquelle est établi le château de Sprechenstein, resserre à

gauche la vallée de l'Eisack à la hauteur du confluent avec le Mareiter-Bach, et forme comme la digue de retenue qui maintient sous l'eau les marais de Sterzing. Un étranglement plus net encore maintient, à 3 kilomètres plus bas, près de la station de Freienfeld, la vallée de l'Eisack à l'état de marécage.

Le tracé qui, à Gossensass, était passé sur la rive gauche de l'Eisack, repasse sur la rive droite un peu au-dessus de Freienfeld, et reste sur cette rive sur un parcours de 27 kilomètres jusqu'au delà de Brixen. Sur cet intervalle, il suit les détours de la rivière, et la serre d'assez près pour la déplacer même en plusieurs points.

Les environs de Brixen forment un point des plus importants de tout le passage. C'est à Brixen que l'Eisack reçoit à gauche un affluent, le Rienz-Bach, dont la vallée, se prolongeant au loin dans la montagne, va s'adosser à la vallée de la Drave. Ces deux vallées sont en prolongement l'une de l'autre, et le col qui les sépare est assez déprimé pour qu'on ait pu donner à leur ensemble un même nom, celui de Puster-Thal. C'est le tracé indiqué pour le prolongement vers le Tyrol de la ligne de Karinthie. Le massif qui sépare le Rienz de l'Eisack, a, un peu en amont du confluent des deux rivières, une dépression qui permettra d'amener directement, sans suivre le cours d'eau, le tracé du chemin de fer de la vallée du Rienz à la ligne descendant du Brenner La forteresse appelée Franzensfeste barre entièrement la vallée de l'Eisack, dont le cours est en cet endroit très-encaissé entre deux escarpements de 60 mètres environ de hauteur, au haut desquels le chemin de fer et la route ont été maintenus. A Brixen, la vallée s'ouvre de nouveau, et la station a été reportée au pied des coteaux. C'est là, comme nous l'avons dit, que la pente générale se réduit de 22 1/2 à 15.

La vallée, un instant rélargie à Brixen, se resserrant plus bas, le tracé traverse la rivière pour en suivre la rive gauche.

Il passe à la station de Klausen (*), où la rivière est dominée par un monticule au sommet duquel se trouve placé le couvent de Seben ; puis à la station de Weidbruck, dominée par le vieux château de Trostburg qu'a habité le célèbre Minnesinger, Walther von der Vogelweide ; un peu plus loin, il repasse sur la rive droite de l'Eisack, pour en suivre strictement le bord ; à Atzwang, il repasse sur la rive gauche, et s'y maintient, toujours à l'étroit, jusqu'à près de Botzen.

La ville de Botzen est bâtie dans un élargissement de la vallée ; le tracé y arrive sans difficulté, et une courbe de 380 mètres de rayon l'amène en prolongement du rail déjà posé qui réunit Botzen à Vérone.

Le chemin d'Innsprück à Botzen a en tout une longueur de 126 kilomètres que l'on peut décomposer ainsi :

	kilom.
1° *Montée* : d'Innsprück à la station de Brenner, sur une longueur de.	36,4

pour passer de la cote de. . . .	578^{m},94
à celle de.	1.367^{m},13
Rampe moyenne.	21^{mm},6
Rampe maximum.	25^{mm},0

2° *Descente. — Première partie :* de Brenner à Brixen, sur une longueur de.	50,8

pour passer de la cote de. . . .	1.367^{m},13
à celle de.	568^{m},03
Pente moyenne.	15^{mm},7
Pente maximum.	22^{mm},5

Deuxième partie : de Brixen à Botzen, sur une longueur de	38,7

pour passer de la cote de. . .	568^{m},03
à celle de.	262^{m},20
Pente moyenne.	7^{mm},9
Pente maximum.	15^{mm},0

Sur la longueur totale de 126 kilomètres, on rencontre

(*) Ce nom, comme le nom italien de Chiusa qui y correspond, indique les points où antrefois les défilés des montagnes étaien fermés par un péage.

18 stations, y compris les deux stations extrêmes:
- 5 sur le versant nord.
- 1 au sommet.
- 12 sur le versant sud.

68 maisons de gardes.

29 souterrains:
- 19 sur le versant nord. — Les principaux sont ceux de Berg Isel de 700 mètres de longueur, et de Saint-Jodocus, 600 mèt.
- 10 sur le versant sud:
  - 4 entre Brenner et Sterzing: le principal est celui d'Ast, au fond du détour entre Schelleberg et Gossensass, 800 mètres.
  - Les six autres, entre Atzwang et Botzen, dans la région des Porphyres; le principal est le tunnel d'Hochklausern, 450 mètres.

3 grands ponts sur le Sill-Bach (voûtes de 25, de 19 et de 16 mètres).

4 grands ponts sur l'Eisack (voûte de 31m.60. Treillis à 3 portées: 2 de 25 et 1 de 30 mètres. Treillis de 57 mèt., treillis de 25 mèt.)

La variation des inclinaisons moyennes entre Botzen et Brixen, d'une part, entre Brixen et le faîte, de l'autre, permettra de limiter au tronçon compris entre Brixen et Innsprück, l'emploi de locomotives spéciales destinées à franchir le Brenner. Les trains seront dédoublés à Botzen, et remorqués ainsi à poids réduit jusqu'à Brixen, où ils seront repris par les locomotives pour fortes rampes, qui les remorqueront jusqu'à Innsprück.

Le minimum du rayon des courbes a été fixé à 900 pieds de Vienne (ou à 284m,49); ce rayon s'applique à 58 courbes isolées, présentant ensemble une longueur totale de 12.000 mètres; le plus petit rayon au-dessus de celui-là a une longueur de 1.000 pieds, ou 316m,10. Il s'applique à 51 courbes, formant ensemble une longueur totale de

11.000 mètres. La plus longue courbe est celle du détour d'Ast, sur le versant méridional du Brenner; elle a jusqu'à 1.270 mètres de longueur avec un rayon de 285 mètres.

Les régions où le tracé a le plus d'inflexions dans le plan horizontal sont : les 15 premiers kilomètres du côté d'Innsprück, le détour de Saint-Jodocus, le passage du faîte, le détour d'Ast et la rentrée dans la vallée principale à Gossensass, les passages de Sterzing et de Franzensfeste, enfin le passage de la voie à Atzwang et à Blumau.

§ 4. *Observations particulières.*

Innsprück, qui occupe le fond de la vallée de l'Inn, est dominé sur le versant gauche par des montagnes escarpées : la plus haute est le Solstein (2.969 mètres); c'est sur l'un de ces escarpements presque inaccessibles, le Martinswand, qu'en 1493 l'empereur Maximilien s'égara pendant la chasse, et qu'un ange, d'après la tradition, lui fit retrouver son chemin. Le versant droit est beaucoup moins abrupt; il est formé de schistes argileux recouverts çà et là par le diluvium; plus haut on rencontre les schistes micacés, et en certains points la serpentine, ou les calcaires des Alpes. Les schistes occupent toute la montée du Brenner et une partie de la descente, jusqu'à la moitié de la distance entre Sterzing et Mittewald. Là le tracé entre dans les granits pour rentrer dans les schistes au-dessous de Brixen. Quelques masses de diorite paraissent dans cette seconde bande schisteuse; puis à partir de Saint-Verena, on passe aux porphyres, qui se prolongent jusqu'à Botzen. Cette dernière partie est la plus resserrée, et la plus exposée aux encombrements torrentiels et aux avalanches. En beaucoup de points le tracé doit traverser les torrents par-dessous, à cause de l'impossibilité où l'on serait de créer un débouché suffisant pour la masse de matières détachées par les gelées et entraînées par les neiges et les eaux d'orage.

C'est à Mittewald que commence la transition du climat de la montagne à un climat plus doux; on y rencontre le noyer.

Le caractère méridional de la végétation s'accuse de plus en plus, et enfin le climat de Botzen est bien le climat italien.

A Atzwang, on voit sur les coteaux qui dominent la vallée un phénomène d'érosion fort curieux. Les eaux ont raviné très-profondément le sol, en laissant debout de grandes pyramides isolées les unes des autres, et dont la surface supérieure conserve une certaine végétation.

Ce phénomène, comme aussi la grande masse de matériaux jetés dans la vallée par les nombreux torrents de la région des porphyres, montre à quel travail incessant la surface de la montagne est soumise. Les éboulements sont fréquents dans cette partie voisine de Botzen, et il ne faut pas remonter au delà de 1845 pour en trouver un qui a été très-grave. L'histoire a conservé le souvenir d'un événement du même genre, mais beaucoup plus grave encore, qui eut lieu en l'année 883 dans la vallée de l'Adige, au-dessous de Roveredo ; le chemin de fer traverse aujourd'hui des masses de gros blocs et de débris produits par l'éboulement d'une montagne, scène de désolation que Dante vit en 1302, et dont il introduisit la description dans son Enfer.

Le tracé et le profil de la ligne d'Innsprück à Botzen, ainsi que l'atlas des travaux d'art et des types spéciaux pour la construction du chemin, ont été publiés par M. Etzel. M. Pressel a fait paraître depuis un beau travail sur les ponts métalliques du réseau de la compagnie du Sud. Nous ne pouvons mieux faire que de renvoyer à ces intéressants documents.

CHAPITRE III.

LA HONGRIE ET LE BANAT.

§ 1er. *Coup d'œil sur la Hongrie.*

La Hongrie est un immense pays plat, d'une superficie totale de 214 600 kilomètres quarrés, traversé par le Danube, arrosé en outre par la Theiss, le Maros et d'autres rivières

moins importantes, et limité d'un côté à la rive gauche de la Drave et du Danube, et de tous les autres à des pays de montagnes.

Les relations de Vienne avec la Hongrie sont depuis longtemps établies par l'intermédiaire du Danube ; c'est sur le bord de ce fleuve que l'on trouve les plus grandes villes de la Hongrie : Pressbourg, où les Carpathes viennent serrer de près la rive droite du Danube ; Raab, sur la rive gauche ; Comorn et ses forteresses, à la pointe orientale de la grande île de Schütt ; Gran, dont la cathédrale à coupoles domine la rive droite du fleuve ; enfin Pesth et Bude, qui réunissent au cœur de la Hongrie une population de plus de 180.000 âmes.

Le Danube sert non-seulement de voie de communication, mais encore de force motrice pour une multitude de bateaux à roues pendantes qui y sont installés par groupes, échelonnés en écharpe, et où l'on vient moudre tous les grains du pays.

Malheureusement, la navigation du Danube n'est pas parfaitement assurée en tous les points ; il y a peu d'années, les bateaux ne remontaient que difficilement au-dessus de Uj-Szöny, du côté de Vienne A la descente, le Danube est intercepté en basses eaux par les rapides connus sous le nom des *Portes de fer*, obstacle plus grave, et qui n'est pas près de disparaître. Deux grands fleuves tributaires de la mer Noire, le Danube et le Dnieper, ont ainsi leur cours scindé en deux parties, séparées par des cataractes, lesquelles se rattachent pour les deux fleuves aux dernières ramifications des Carpathes. Il est vrai que cet obstacle est bien plus absolu pour le Dnieper que pour le Danube, les hautes eaux l'effaçant à peu près complétement pour ce dernier fleuve.

La difficulté des communications par eau emprisonne pour ainsi dire la Hongrie dans l'intérieur du continent ; d'ailleurs le Danube mène à la mer Noire, et ce n'est pas

de ce côté que les richesses du pays pourraient trouver le plus facilement à s'échanger. Du côté de l'occident, la mer la plus voisine est l'Adriatique, et l'affluent du Danube, la Save, s'en rapproche beaucoup aux environs des golfes de Fiume et de Trieste. Un contre-fort unique sépare les deux bassins.

Le réseau des chemins autrichiens commence à compléter cette insuffisance des communications naturelles de la Hongrie avec le reste de l'Europe. Trois chemins de fer partent de Vienne pour s'enfoncer dans le pays ; l'un, la ligne du sud-est, prolonge sur la rive gauche du Danube un petit embranchement détaché de la ligne du nord; elle a une longueur de 702 kilomètres à partir de Vienne jusqu'à Basiach, sur la rive gauche du Danube, au point où se terminent les montagnes des Carpathes, en face des coteaux de la Servie, et où commence la région des rapides. Cette ligne pénètre en Hongrie en perçant le contre-fort de Presbourg ; elle suit la rive gauche du Danube en coupant les rivières du Waag et de l'Eipel, et enfin vient rebrousser dans la gare de Pesth ; de là elle se dirige en ligne droite vers Czegled à travers la plaine qui sépare le Danube de la Theiss, gagne au delà de Czegled la rive droite de la Theiss, et traverse cette rivière à Szegedin, au-dessous du confluent du Maros ; puis passe près de la ville fortifiée de Temesvar, touche plus loin, à Verschetz, un petit contre-fort rattaché aux montagnes du Banat, et enfin descend par le coude de Weisskirchen le talus qui la ramène au niveau de la rive gauche du Danube.

La seconde ligne suit la rive droite du Danube ; elle entre en Hongrie à Brück en franchissant la Leitha, passe à Raab, où elle traverse la rivière de ce nom, et aboutit au Danube, à Uj-Szöny, en face de Komorn. C'est là que commencent les accidents de terrain qui forcent un peu plus loin le Danube à détourner son cours vers le sud ; c'est aussi le point où les grains hongrois quittent généralement les transports

par eau pour prendre un transport par terre. Cette ligne, longue de 159 kilomètres, appartient à la société autrichienne des chemins de l'État. Elle se trouve prolongée par un chemin de fer appartenant à la compagnie du Sud; ce chemin va rejoindre à Stuhlweissenburg la ligne de Bude dont nous aurons à parler tout à l'heure, et établit une communication peu directe entre Vienne et la rive droite du Danube, en face de Pesth.

La troisième ligne qui rattache Vienne à la Hongrie est la ligne qui se sépare à Neustadt du chemin de fer de Trieste, et qui se dirige vers Œdenbourg sur le lac de Neusiedl; le prolongement de cette ligne se dirige en ligne droite vers Kanischa, et rejoint la ligne qui part de Bude.

Telles sont les trois voies par lesquelles la Hongrie est mise en communication avec Vienne.

La ligne de Bude à Pragerhof, longue de 333 kilomètres, rattache le centre de la Hongrie à la ligne de Vienne à Trieste; et comme cette dernière ligne coupe la Drave et la Save, comme les embranchements de Croatie la mettent en communication directe avec la navigation de cette rivière, la Hongrie possède dès à présent des relations très-faciles, par l'intermédiaire de Trieste, avec l'Adriatique et la Méditerranée.

On pense à rattacher encore ce réseau à Fiume par un petit embranchement qui se détacherait à Saint-Peter de la ligne principale.

A l'autre extrémité de la Hongrie, nous trouvons le réseau de la Theiss, qui s'embranche à Czegled, sur la ligne de Vienne à Baziasch, traverse la Theiss à Szolnok, et atteint, en se ramifiant, Alt-Arad, Gross-Wardein, dans la plaine, Miskolcz, Kaschau et les sources de la Theiss, dans les montagnes du nord. Cette dernière partie n'est encore qu'en construction, et portera à 780 kilomètres environ la longueur totale de ce réseau.

Pour compléter cette nomenclature des chemins de fer de

la Hongrie, il n'y a à ajouter que quelques lignes de moindre longueur : l'embranchement qui, sur la face orientale des petits Carpathes, relie Pressbourg à Tyrnau et à Szered, sur la rive droite du Waag; l'embranchement qui de Iassenova va rejoindre Orawicza, dans la chaîne du Banat, et se prolonge aujourd'hui jusqu'à peu de distance de Steierdorf, au cœur même de la montagne; enfin la ligne des houillères de Fünfkirchen, qui va aboutir à Mohacz, sur la rive droite du Danube.

Dans le principe, la ligne de Basiasch était réduite à une semblable petite ligne de charbonnage; elle était destinée à transporter d'Oravicza au Danube les charbons extraits des montagnes du Banat. Plus tard, on a complété la grande ligne en réunissant Temesvar à Iassenova, et la portion de ligne déjà construite entre Oravicza et Iassenova est passée à l'état d'embranchement.

Du côté de Vienne et du côté de l'Adriatique, la Hongrie est dès aujourd'hui dotée de voies de communication nécessaires. Du côté opposé, c'est-à-dire vers les principautés danubiennes, tout est encore à créer, et le Danube est, quant à présent, la seule voie économique qu'on possède, malgré tous ses défauts naturels. Une route qui longe le fleuve, et qui date de l'occupation romaine, fait seule concurrence à la navigation. C'est une voie dont le génie militaire apprécie à un haut degré l'importance, mais elle ne rend pas de grands services au commerce, d'autant plus qu'elle est assez mal entretenue, et il est fâcheux qu'on ait arrêté le chemin de fer à Basiasch, au-dessus des Rapides, au lieu de le prolonger latéralement au Danube jusqu'à l'entrée de la Valachie. Le génie militaire autrichien repousse cette solution d'une manière absolue, et fera rejeter à travers les montagnes un tracé qui se serait si facilement développé le long d'une vallée ouverte naturellement. Pour retrouver une situation aussi favorable, il faut remonter jusqu'à la rivière Aluta, qui prend sa source en Transylva-

nie, passe non loin de la ville de Kronstadt, et après avoir suivi la face septentrionale de la montagne, l'ouvre pour se diriger au sud sur le Danube, à travers la Valachie. Mais ce tracé est défectueux, et au point de vue de l'Autriche, en ce qu'il suppose Hermannstadt et la Transylvanie déjà réunis au réseau autrichien. ce qui est loin d'être acquis, et au point de vue de la Valachie, en ce qu'il amène le chemin de fer à suivre la direction qu'ont tous les affluents du Danube, tandis que le tracé le plus avantageux consisterait à couper tous ces affluents par une ligne parallèle au Danube, qui traverserait dans sa longueur la fertile province dont Krajowa est la ville principale.

L'insuffisance des relations entre la Valachie et la Hongrie s'est fait cruellement sentir en 1863 pendant la disette dont a souffert l'agriculture hongroise. Cette disette était causée par une sécheresse extraordinaire, qui a eu pour conséquence la prolongation des basses eaux du Danube. Il est résulté de cette coïncidence que la Hongrie n'a pas pu tirer de grains par la navigation du Danube des Principautés où la récolte était au contraire abondante, et tout le ravitaillement d'un pays affamé a dû se faire par transports sur essieux.

Les pays exclusivement agricoles sont exposés souvent à de pareilles calamités, surtout lorsqu'ils sont isolés des pays voisins par des obstacles naturels, et que leurs diverses parties sont soumises aux mêmes influences climatériques. Telle est la Hongrie. Ce grand pays plat, dont la composition géologique est à peu près partout la même, est admirablement propre à la culture des céréales, là où les marais ne l'ont pas envahi; il renferme encore, dans certains points reculés, de grandes masses de bois. Il possède une race particulière de bœufs de Schwitz, avec des cornes d'une longueur démesurée. Des moutons noirs, très-robustes et très-sauvages, trouvent une maigre nourriture dans les dunes sablonneuses mal fixées que le vent

roule dans cette immense plaine comme sur les rivages de la mer. Des troupeaux d'oies, des cochons de Servie et de Valachie sont, avec les moutons et les bêtes à corne, les vraies ressources du paysan. Enfin il ne faut pas oublier de mentionner les chevaux de Hongrie, qui ont donné de tout temps un si grand éclat à la cavalerie hongroise. Tous ces éléments ne suffisent pas pour faire de la Hongrie un pays riche. De grandes propriétés, la terre à des prix extrêmement bas, des propriétaires endettés pour la plupart, des paysans voleurs et batailleurs, que la crainte de la potence ne réussit pas à maintenir dans la ligne du devoir, des récoltes insuffisantes dans les années trop sèches, et d'autres années un produit brut qui excède à la fois les besoins locaux et les débouchés extérieurs, une récolte réellement rémunératrice tous les cinq ans à peine; enfin, l'entêtement le plus exagéré pour les anciennes coutumes, pour les abus du vieux temps consacrés sous le nom de libertés nationales, voilà les traits principaux de la Hongrie moderne (*).

§ 2. *Le chemin de fer d'Oravicza à Steierdorf.*

La société autrichienne des chemins de fer de l'État, constituée à la fin de l'année 1854, possède un réseau composé des chemins de fer de Brünn et Ollmütz à Bodenbach, des chemins du sud-est, et enfin du chemin de Vienne à Raab et à Uj-Szöny; ce dernier a été racheté par la société à une

(*) L'étranger qui pénètre en Hongrie est surpris des profondes altérations des noms propres de ville. En voici quelques exemples:

Vienne s'appelle en Hongrois.	Becs.
Pressbourg.	Posony.
Comorn.	Komarom.
Gran.	Esztergom.
Ofen.	Bude.
Stuhlweissenbourg.	Alba.

compagnie concessionnaire; les premiers lui ont été vendus par l'État, ou concédés directement. La société réunit encore à cet ensemble de lignes, diverses entreprises particulières étrangères à l'exploitation des voies ferrées. Une fabrique de machines lui a été cédée à Vienne par l'ancienne compagnie du chemin de Raab. En outre, elle a acheté de l'État :

En Bohême, les mines de houille de Kladno et de Kralup, dont le périmètre est traversé par le chemin de fer de Busterhad, et la mine de lignite de Sobechleben, traversée aujourd'hui par le chemin de fer d'Aussig à Töpliz;

Dans le Banat de Temesvar, les mines de houille de Steierdorf et de Rechitza; les mines métalliques contenant des minerais de fer et de cuivre, et en masse moins considérables du plomb, du zinc, de l'argent et de l'or; 4 usines à fer, Rechitza, Bogschan, Franzdorf et Gladna; enfin, des forêts et des terres en prairies ou en culture, occupant une superficie totale de 225.000 hectares.

De ces deux groupes de propriétés, le premier, celui de Bohême, se trouve dans un pays peuplé et industriel, avec des débouchés faciles et toujours assurés. Le second, celui du Banat, est relégué à l'extrémité sud-est de l'empire d'Autriche, dans une petite chaîne de montagnes très-accidentée, où les communications sont assez pénibles, et où la population n'a pas une grande densité. Cette population, extrêmement mêlée, se compose d'Allemands, de Valaques, de Serbes et de Bohémiens (zigeuner); et la multiplicité des entreprises créées par la compagnie ajoute encore aux difficultés qu'implique une situation économique à tous les points de vue si étrange.

Nous n'avons pas l'intention de passer en revue ces diverses industries. Les chemins de fer doivent seuls nous occuper ici, et nous nous contenterons d'étudier, dans les domaines du Banat, les régions qui s'étendent d'Oravicza à Steierdorf, où nous retrouvons dans un chemin à grande pente l'objet spécial de nos recherches.

Les montagnes du Banat de Temesvar appartiennent à la chaîne des Carpathes, prolongée par les Alpes de Transylvanie. La topographie de cette partie de la chaîne est très-compliquée; au sud, elle s'appuie au Danube, dans la région des Portes de Fer. La montagne entière, dont la direction générale court du sud au nord, sépare la Valachie de la plaine hongroise. Mais le Banat de Temesvar n'en englobe pas toute l'épaisseur, et la majeure partie de la chaîne constitue l'une des divisions de ces confins militaires qui bordent en Autriche la frontière ottomane.

Le cours des rivières donne une idée des formes générales du pays.

Entre Basiasch et Orsowa, le Danube forme plusieurs coudes qui le repoussent d'abord vers le sud, et le ramènent ensuite au nord; il reçoit sur sa rive gauche un grand nombre de ruisseaux descendant de la montagne, et aux deux extrémités de l'intervalle que nous venons de définir, deux rivières plus considérables, qui toutes deux portent le nom de Noire: l'une est la Cserna, qui coule du nord au sud, et fait la frontière de Valachie; la principale ville de son bassin est Mehadia, au centre de la montagne. L'autre, nommée Nera, coule de l'est à l'ouest, passe non loin de Bosovitch, passe à Szàszka, débouche dans la vallée du Danube à Weisskirchen, et tombe dans le fleuve un peu au-dessous de Basiasch. Plus au nord, on trouve encore une troisième rivière Noire, le Karasch (*), qui passe à Krassova, reçoit sur sa rive droite les ruisseaux de Gerlistje, de Zzittin et d'Oravicza, gagne la plaine de Jassenova, et de là le Danube.

Enfin, la dernière rivière que nous ayons à citer est la Berzawa, qui prend sa source à peu de distance du Karasch, passe à Franzdorf, à Reschitza, à Boksàn, reçoit un

(*) Kara en turc, Nera en roumain, Cserna dans les langues slaves, ont le sens de noir.

affluent descendant de Dognàcska, puis, sortie de la montagne, rencontre à Detta le chemin de fer de Temésvar à Basiasch, et se réunit à la rivière Temés pour tomber dans le Danube, entre l'embouchure de la Theiss et celle de la Save. Szaszka, Gerlistje, Oravicza, Reschitza, Boksàn, Franzdorf, Dognàska, font partie des possessions territoriales de la société autrichienne. Ces centres d'exploitation sont ainsi drainés par les trois rivières de la Berzawa, du Karasch et de la Nera, lesquelles coulent de l'est à l'ouest, et se jettent dans le Danube.

La ville d'Oravicza, où aboutit l'embranchement de Jassenova, détaché de la ligne du sud-est, est comme tous les centres de population du pays divisée en deux parties: l'une, en aval, est la portion roumaine; l'autre, en amont, est la ville allemande. Chaque partie parle sa langue et a son caractère spécial. La ville s'étend toute en longueur dans une vallée étroite et à très-forte pente, par laquelle descendent les eaux du ruisseau Oravicza, affluent du Karasch. Une situation semblable se retrouve pour le village de Csiklova, partagé aussi en village roumain et village allemand, et contenu dans la vallée parallèle d'un ruisseau qui n'est pas à plus de 1.800 mètres de l'Oravicza. Ce petit village est en partie habité par des familles de Bohémiens déguenillés.

La ville d'Oravicza est un centre administratif et pour le pays, et pour la société autrichienne; mais on n'y rencontre pas de grandes exploitations. Le principal établissement de la compagnie est une fabrique de paraffine depuis longtemps inactive. Il y existe également quelques lavages d'or, qui produisent peu de bénéfice net, si ce n'est quand le florin subit momentanément une forte dépréciation.

Lorsqu'on remonte le thalweg dans lequel s'étend la ville d'Oravicza, on arrive à un col nettement indiqué et qui conduit par sa face opposée au village de Steierdorf. Ce village est sans doute une ancienne colonie allemande

établie dans la montagne au centre du bassin houiller. Les eaux du pli de terrain occupé par Steierdorf vont se rendre à travers un pays admirablement boisé, dans la rivière de Bosovitch, laquelle se jette dans la Nera. La route qui suit cette direction sort du Banat pour entrer dans le territoire des confins militaires. C'est à peu de distance au delà de la limite que se trouve la belle source de Coronini.

Un autre col, beaucoup plus déprimé que celui d'Oravicza, domine Steierdorf et le sépare de la vallée du ruisseau de Gerlistje, qui va rejoindre le Karasch.

La partie haute de cette vallée n'avait pas de nom particulier, quand la société autrichienne en est devenue propriétaire; encore aujourd'hui, on appelle station de Steierdorf le point où aboutit le chemin de fer, bien qu'il soit encore à plus d'un kilomètre du village de Steierdorf, et qu'il appartienne à un autre bassin. Les établissements de la société se sont tellement développés dans cet endroit depuis dix ans qu'on a trouvé commode de lui donner un nom spécial, le nom d'Anina, en souvenir d'une petite prairie et d'une source le long de laquelle croissaient quelques aulnes, lors de la prise de possession du terrain. Aujourd'hui l'Anina comprend, outre les mines de charbon et de fer, une colonie d'ouvriers, des hauts fourneaux, des fours à coke, une usine pour la fabrication des rails, etc., etc.

Le chemin de fer d'Oravicza à Basiasch avait pour objet d'amener au Danube les houilles de Steierdorf; il fallait, pour en user, leur faire franchir sur essieux le col qui sépare la mine de la station d'Oravicza, parcours très-accidenté, de près de 16 kilomètres. La solution adoptée n'était donc pas entièrement satisfaisante, et l'on dut bientôt songer à réunir Steierdorf à Oravicza par une voie ferrée.

Le ruisseau de Gerlistje, qui descend de l'Anina, le ruisseau de Zzittin, le ruisseau de Lissawa et le ruisseau d'Oravicza, sont tous tributaires d'une même rivière, le Karasch; la configuration du terrain, entre l'Anina et Oravicza, est

celle d'un promontoire dont une ligne de pente peut doubler l'extrémité. Nous donnerons à ce promontoire, pour abréger, le nom de promontoire de Krassova, du nom du village vers lequel il se dirige.

Ce n'est pas cependant à la solution naturelle formée par une ligne de pente qu'on s'arrêta d'abord. La préoccupation des mines à exploiter fit imaginer un tracé tout différent. Le noyau central de la montagne appartient au grès rouge dont le soulèvement a redressé et séparé les couches du trias, dans lesquelles se rencontrent les schistes renfermant la houille. Le grès rouge apparaît à découvert sur les bords de la Lissawa, et en même temps les couches carbonifères qu'il a redressées affleurent à la surface. Ces couches, continues dans la profondeur, dessinent en coupe un bassin creux comblé par une première assise de terrains jurassiques que surmonte le terrain crétacé.

Les couches houillères qu'on voit affleurer dans le bassin de l'Anina et de Steierdorf se prolongent donc dans l'épaisseur de la montagne, toujours appuyées sur le grès rouge, et reparaissent sur le versant opposé. Des concessions existent en effet sur les deux versants du promontoire de Krassova, Steierdorf et l'Anina, d'un côté; Natra, Csudanovecz, Iacobsbrunn, de l'autre.

On voulut d'abord faire servir les travaux du chemin de fer aux besoins de l'exploitation des mines, et pour cela on étudia un tunnel qui n'aurait pas eu moins de 7 kilomètres de longueur et qui aurait percé la montagne des bords de la Lissawa au puits Kübeck à Steierdorf. Ce tunnel reçut d'avance le nom de l'empereur François-Joseph. Un second projet de tunnel, partant d'un point plus élevé du versant de la Lissawa, eût abouti au même puits, avec une longueur souterraine moindre. Ce nouveau tunnel, long seulement de 5 kilomètres 1/2, aurait porté le nom du roi Ferdinand. On aurait eu 18 kilomètres de distance entre le puits Kübeck et Oravicza, par le premier tracé, et 20 kilo-

mètres par le second. Une troisième galerie, plus élevée de 190 mètres environ que la galerie Ferdinand et nommée galerie de l'archiduc Étienne, aurait pu réduire le tunnel à une longueur de 4.500 mètres.

Ces souterrains auraient été longs à construire; ils eussent été d'un établissement dispendieux et d'une exploitation peu sûre, surtout si l'on songe qu'ils aboutissaient à un puits, et que les travaux des mineurs pouvaient à chaque instant troubler le mouvement des trains. Aussi, malgré l'ouverture des puits et des galeries sur une certaine longueur, on renonça à poursuivre cette entreprise pour revenir à la construction d'un chemin de fer à ciel ouvert. Malheureusement, la Société autrichienne ne fit pas sur-le-champ une étude complète et comparative des divers tracés admissibles, et la précipitation qu'on mit à commencer les travaux donne aujourd'hui lieu à quelques regrets.

Pour se rendre compte des difficultés du problème, il faut observer que la cote du rail, dans la station d'Oravicza, est 166 mètres environ, tandis qu'à l'Anina, la cote du sol dépasse 500 mètres. Le mouvement des trains chargés devant toujours se faire à la descente, on adopta le système des plans inclinés, en même temps qu'on substituait aux galeries souterraines le tracé à ciel ouvert.

Le chemin de fer, à partir d'Oravicza, a été construit dans cet esprit; il traverse par 6 viaducs d'un débouché variant de 50 à 80 mètres les divers affluents de la Lissawa. Ce prolongement du chemin de Iassenova est horizontal sur une longueur de 6.800 mètres. Il a été tout d'abord établi pour le service des locomotives, et il devait se terminer à une station où aurait commencé la traction à l'aide de chevaux.

Le chemin de fer à traction de chevaux que l'on projeta devait être décomposé en quatre tronçons, séparés les uns des autres par des plans inclinés automoteurs; le tracé, après avoir contourné les gorges du versant gauche de la Lissawa, parvenait par ses trois plans inclinés à un tunnel

déjà percé dans le prolongement de la galerie de l'archiduc Étienne, il pénétrait par ce tunnel dans la vallée de la Paraskiva, qui le ramenait sur le versant du ruisseau de Zzittin, à un point assez élevé pour pouvoir contourner sous de faibles pentes tout le contre-fort de Krassova, et rentrer à la hauteur convenable dans la vallée de l'Anina.

Le chemin d'Oravicza à Steierdorf se serait décomposé, d'après cette solution, de la manière suivante :

	LONGUEUR horizontale	COTES à l'entrée.	à la sortie.	INCLINAISON maximum.
	mèt.	mèt.	mèt.	mèt
Chemin à locomotive	6.793	166,34	166.34	0,0000
1er tronçon à chevaux.	2.792	166,34	183,93	0.0083
1er plan incliné.	156	183,93	229.22	0,2903
2e tronçon à chevaux.	2.674	229,22	245,93	0,0062
2e plan incliné.	101	245,93	287,57	0,4004
3e tronçon à chevaux.	995	287,57	293,80	0,0062
3e plan incliné.	284	293,80	438,68	0,5102
4e et dernier tronçon à chevaux	18.726	438,68	501,65	0,0062
Total.	32.524			

C'est à dire :

Chemin à locomotive.	6.793 mèt.
Chemins à chevaux.	25.187
Et plans inclinés.	544
Total égal.	32.524 mèt.

Le principal travail sur ce parcours eût été le tunnel de Krassova, d'une longueur de 800 mètres, à la pointe du promontoire; à partir de là, jusqu'à l'extrémité du chemin, le tracé ne présentait plus qu'une suite de paliers horizontaux, interrompus par de courtes parties en rampe faible.

On peut voir encore aujourd'hui les restes des travaux déjà exécutés à l'emplacement des plans inclinés; et pour-

tant le projet a été abandonné : une troisième solution, consistant dans la construction d'une voie continue accessible aux locomotives, a fait rejeter le système des plans automoteurs.

Cette troisième solution, qui est exécutée, a avec la précédente une partie commune : le tronçon voisin d'Oravicza, dont la longueur atteint 7.972 mètres, et qui reste à peu près horizontale. Les deux tracés redeviennent parallèles à partir du souterrain de Krassova jusqu'à la station de Steierdorf. Le chemin de fer exécuté arrive à l'Anina à 3m,80 environ au dessus du niveau prévu pour le chemin à traction de chevaux, et il conserve ce niveau, à quelques mètres près, sur une longueur de 6.274 mètres, jusqu'à la tête du tunnel de Krassova regardant Oravicza. Dans cette partie, la plus pittoresque de tout le parcours, le tracé se développe à flanc de coteau, en face de magnifiques forêts de l'autre versant de la rivière de Gerlistje. La voie est soutenue par des murs en pierres sèches, ou bien elle perce en tunnel les pointes de rocher qui lui barrent le chemin, ou encore elle franchit sur des ponts les ravins qui déchirent les flancs de la montagne.

Restait à réunir les deux parties horizontales qui forment les deux extrémités du chemin. On l'a fait par une ligne en rampe continue, sous une inclinaison de 20 millimètres, prolongée sur une longueur totale de 16.449 mètres, sans autre interruption qu'un palier de 227 mètres à la halte de Lischava et un autre palier de 83 mètres au viaduc jeté sur le ruisseau de Zzittin.

L'ensemble de ces trois parties donne une longueur de 30.695 mètres pour le développement total du chemin réellement exécuté ; les tâtonnements par lesquels on est passé avant d'adopter ce dernier point ont conduit à fractionner cette longueur en trois parties, dont les deux extrêmes, représentant ensemble 14 kilomètres, ont une inclinaison à peu près nulle, tandis que la partie centrale

a une pente de 20 millimètres sur plus de 16 kilomètres de longueur.

Le principal vice du tracé n'est cependant pas dans la pente; le plan présente, dans la partie centrale et dans la partie extrême voisine de Steierdorf, une suite de courbes et de contre-courbes dont les rayons descendent, pour la plupart, à 113m,80; ces courbes, en sens divers, sont séparées les unes des autres par des alignements droits tellement courts, qu'un train peut être à la fois sur deux courbes de sens inverses et sur l'alignement droit qui les raccorde. Si l'on compare ce chemin de montagne à celui du Semmering, on reconnaît que la pente y a été adoucie, tandis que les rayons des courbes, limités à 190 mètres sur le Semmering, ont été réduits à 113 mètres dans le chemin du Banat.

Les points où le tracé se tourmente le plus sont la traversée des vallées de la Natra et de la Liessawa, puis le coudé du contre-fort de Csudanovecz, avec la traversée, qui y fait suite, de la vallée du ruisseau de Zzittin. Les détours faits pour atteindre la station de Gerlistje, tout en étant très-roides, sont cependant plus admissibles. Mais ce qui étonne davantage, c'est la manière d'entrer dans cette station. Elle est située à l'entrée même du souterrain de Krassova, et occupe un palier horizontal de 465 mètres de longueur; le tunnel de Krassova s'ouvre à l'extrémité même de la rampe de 20, de sorte que la station, établie en palier à la suite du tunnel, n'a pu être rendue parallèle au chemin; pour parvenir à la station, les trains montants doivent s'engager dans le tunnel, puis rétrograder dans cette espèce de gare de tête dont les aiguilles sont à l'entrée du souterrain. Une route en lacet descend de la station vers le village de Gerlistje que, de ce point élevé, on aperçoit dans la plaine.

Sorti du souterrain de Krassova, qui a une longueur de 656 mètres, le chemin a encore un passage où il subit des inflexions très-multipliées.

La traversée du ruisseau de Zzittin est le point le plus intéressant de la portion en pente.

Le viaduc qui sert à franchir ce ruisseau est rejeté au fond de la vallée, et le chemin pour y accéder de chaque côté, doit percer par deux tunnels en courbes de 113 mètres de rayon les contre-forts qui la resserrent. Le viaduc lui-même comprend un pont à treillis de 31^{m},60 de portée et 4 voûtes en pierre de 15^{m},80 d'ouverture chacune. La portion en maçonnerie de cet ouvrage se raccorde aux courbes de 113 mètres de chaque côté de la partie métallique; celle-ci interrompt à la fois la rampe par un palier, et la courbe par un alignement droit. L'ouvrage entier fait de loin un effet imposant. Il est dans de bonnes conditions de longueur et de hauteur : le dessous de la poutre métallique est en effet à 36 mètres au-dessus du fond de la vallée. Mais un examen plus attentif détruit la première impression qu'on éprouve en l'apercevant, et fait naître des objections nombreuses sur la convenance des dispositions adoptées. Les montagnes du Banat sont très-riches en matériaux de construction. Était il nécessaire de recourir, pour franchir le ruisseau de Zzittin, à un ouvrage mixte, composé d'une partie métallique entre deux viaducs en maconnerie? Plusieurs inconvénients résultent du parti qu'on a adopté, et l'on ne voit pas quels en sont les avantages. L'introduction d'un travée métallique rectiligne interrompt la courbe sur une certaine longueur, tandis qu'un viaduc en maçonnerie aurait permis de la prolonger et de l'adoucir; l'économie de maçonnerie est d'ailleurs illusoire, car il a fallu construire deux piles-culées à l'endroit de la plus grande hauteur de l'ouvrage, pour équilibrer les poussées des deux voûtes qui aboutissent à la partie métallique, et qui ne sont contre-balancées par aucun effort analogue. Si l'on avait partagé autrement le débouché total pour construire un viaduc entièrement maçonné, on eût obtenu un ouvrage moins cher, et plus satisfaisant à la fois comme usage et comme aspect.

car la poutre droite, en treillis à mailles inégales, ne s'allie pas bien, dans ce cas particulier, à la forme des arches voisines.

Le tracé tout entier prête à des critiques du même genre. Il est regrettable d'abord qu'on n'ait pas fait partir la rampe d'un point plus voisin d'Oravicza; on aurait pu par là adoucir l'inclinaison en conservant, s'il était nécessaire, l'horizontalité du tronçon le plus rapproché de Steierdorf. Outre ce premier défaut, provenant, comme nous l'avons vu, de la diversité des projets antérieurs, il semble qu'en adoucissant la pente du Semmering et roidissant ses courbes pour les transporter au Banat, on soit tombé dans une grave méprise. La pente crée sans doute des difficultés pour l'exploitation d'un chemin de fer, mais ces difficultés sont bien moindres pour un chemin qui n'est parcouru par les charges que dans le sens descendant; et c'est la situation du chemin de Steierdorf. A cet égard, il n'y a pas d'analogie entre le chemin du Banat et la ligne de Vienne à Trieste; de plus, l'influence des inclinaisons sur l'exploitation, comme on pourra le voir dans notre prochain chapitre, ne s'aggrave pas d'une manière très-sensible quand on passe d'une pente de 20 à une pente de 25. Les courbes, au contraire, dès qu'on les exagère, ont sur l'exploitation une influence de plus en plus nuisible. C'est aux courbes qu'il faut attribuer en partie le danger de fortes rampes. Leur action est d'autant plus à redouter qu'elle est plus obscure : une foule d'éléments difficiles à apprécier y sont mis en jeu. Le rayon de la courbe, la largeur de la voie, la forme du champignon du rail, la saillie des rebords des roues, le degré d'usure de ces diverses parties, le diamètre et l'espacement des roues, le jeu qu'elles peuvent prendre, la rigidité plus ou moins grande de l'attelage, le nombre de wagons, la longueur des trains, enfin la vitesse de la marche, tels sont les principaux éléments que l'on devrait faire entrer en ligne de compte pour traiter rationnellement cette question. Pris

avec cette généralité, le problème n'est susceptible d'aucune solution pratique, et l'on est forcé de s'en rapporter, sur un point si délicat, aux données de l'observation et de l'expérience.

Lorsqu'un wagon à essieux parallèles parcourt une courbe de petit rayon, il est généralement forcé de prendre une certaine obliquité par rapport à l'axe de la voie, et lorsqu'il vient de sortir de la courbe, cette obliquité persiste encore sur un certain parcours avant que le wagon ait été ramené dans l'axe même du chemin. Cet effet montre le danger qu'il y aurait à prolonger une courbe par une courbe en sens contraire, sans interposition d'un alignement droit assez long pour que chaque wagon puisse y perdre complétement la tendance oblique due au passage dans l'une des deux courbes. Autrement, l'obliquité qu'il conserve encore en entrant sur la seconde, et qu'il doit échanger pour une obliquité contraire, l'expose à un véritable choc qui peut être suivi d'un déraillement. On n'a pas tenu compte au Banat de cette simple règle de prudence, et n'ayant point de systèmes spéciaux de wagons pour cette petite ligne, la Société est réduite à s'en servir à des vitesses extrêmement faibles.

La voie ne permettrait pas d'ailleurs une allure beaucoup plus rapide. Les rails employés pour le chemin de Steierdorf sont de vieux rails pesant 25 kilogrammes le mètre courant, pris dans les stations du réseau de la Société, et ayant des gabarits différents les uns des autres. Pour un grand nombre dont le champignon était déjà usé, il a fallu ramener avec la lime les éclisses en dedans de la saillie du champignon. L'usure de ces rails devant être très-rapide sur ce chemin si tourmenté, il est probable qu'on aura bientôt à refaire entièrement la voie.

Le chemin de fer présente ainsi à la fois l'image du luxe et de la pauvreté; il devait coûter 2 millions de florins (4.400.000 francs), et la dépense a atteint 5 millions de

florins (11 millions de francs). Le luxe est dans les travaux d'art ; la pauvreté est dans la plate-forme du chemin, qui est trop étroite, dans la voie et dans les divers parachèvements, qui sont incomplets là où ils ne font pas défaut.

Malgré tant de mécomptes, le chemin de Steierdorf est encore économique pour la Société autrichienne ; il lui assure un moyen de transport dont elle peut disposer à son gré pour ses houilles et les produits de ses usines vers le Danube et la Hongrie. Avant l'ouverture du chemin, les transports sur essieux manquaient, ou bien atteignaient des prix trop élevés. Telle est encore la situation des autres usines du Banat. Si l'industrie de l'Autriche voyait revenir des jours plus prospères, la Société devrait chercher à rattacher à la même ligne du sud-est sa grande usine de Rechitza ; la vallée de la Berzawa indique d'avance la direction du tracé de cette nouvelle ligne de jonction.

La Société autrichienne n'a pas admis de systèmes spéciaux pour ses transports sur le chemin de fer du Banat, et ce sont ses wagons de marchandises ordinaires qui remontent à Steierdorf pour aller de là à destination. Mais il lui a fallu imaginer un type de locomotive qui pût remonter des pentes de 20 millièmes, et passer dans des courbes de 113 mètres de rayon.

La locomotive particulière qui est en service sur ce chemin a été exécutée en 1862 dans les usines de la Société, et envoyée à l'Exposition universelle de Londres ; elle est en service régulier depuis le 15 novembre 1863. Le problème qu'on s'est proposé consiste à trouver un type ayant à la fois beaucoup de flexibilité et beaucoup d'adhérence. Voici comment on a essayé de le résoudre.

La machine, réunie au tender, porte sur cinq essieux : les trois premiers, en avant, sont rigides et espacés de 1m,106 l'un de l'autre ; ce premier groupe présente donc un empatement de 2m,212 entre l'aplomb de ses centres extrêmes. Les deux autres essieux, supportant la boîte à

feu et le tender, sont aussi réunis invariablement l'un à l'autre à la distance de 2m,212. Dans chaque groupe, l'accouplement se fait par des bielles, comme dans les locomotives ordinaires à roues couplées. La flexibilité de l'appareil réside tout entière dans l'indépendance du premier groupe et du second. Lorsque les cinq essieux sont parallèles, le troisième est séparé du quatrième par une distance de 1m,448. Cette distance peut diminuer d'un côté de la machine en même temps qu'elle augmente de l'autre d'une quantité égale.

Pour transmettre l'action du piston du premier groupe au second, on a eu recours à un faux essieu, placé au-dessus du premier essieu du tender, et dont les bouts sont supportés seulement par deux tiges aboutissant l'une à l'axe même de cet essieu, l'autre à l'axe de l'essieu voisin du premier groupe.

A, B, C, premier groupe d'essieux moteurs, Pl. IV, *fig.* 10;
D, E, second groupe;
F, faux essieux, porté par les tiges articulées FC, FD;
DC, distance variable, égale en moyenne à 1m,448;
AB = BC = 1m,106;
AC = 2m,212;
ED = 2m,212;
FD = 2m,632;
A*a*, B*b*, C*c*. F*f*, D*d*, E*e*, représentent six manivelles égales à 0m,315, ou à la moitié de la course du piston, et *abc*, *cf*, *fd*, *de*, quatre bielles rigides, agissant sur les boutons de ces manivelles, pour communiquer le mouvement de rotation d'un des essieux à tous les autres.

Le faux essieu F est parallèle et placé verticalement au-dessus de l'essieu D lorsque la machine est sur une ligne droite ; lorsqu'elle se déforme sur une courbe, le faux essieu se déplace par suite de la variation des deux distances CD, et tourne par rapport à l'essieu D d'un petit angle autour de son point milieu, dans son plan horizontal. La déformation s opère sans altérer sensiblement la longueur

du faux essieu, et sans rien changer au jeu des bielles et des manivelles. Ces pièces prennent seulement des positions biaises qui exigent l'emploi de portées sphériques pour leurs articulations, et qui entraînent de petites altérations dans leurs longueurs.

En résumé, la machine de Steierdorf est une solution approximative très-ingénieuse du problème des machines articulées pour le passage dans des courbes très-roides; malheureusement la solution est meilleure au point de vue du mécanisme qu'au point de vue de la puissance de la machine. Ce type a plusieurs défauts.

Le grand développement des bielles les expose à diverses causes d'avaries ; si une roue éloignée est retenue par un obstacle lorsque les autres sont disposées à tourner sans effort, les bielles peuvent se fausser, ou le faux essieu peut se tordre ; cet accident s'est déjà produit.

Le mouvement de la machine est aussi situé trop bas, et pendant la marche il arrive souvent que les bielles d'accouplement touchent le ballast.

Le diamètre des roues motrices est de 1 mètre. La course des pistons est de 0m.632 et le diamètre des cylindres, de 0m.431. Enfin, la surface de chauffe comprend 7m.22 pour le foyer, et 115m.69 pour les tubes. Nous ferons usage de ces éléments dans le chapitre suivant.

Le but qu'on se proposait en réunissant la machine et le tender, était de faire contribuer à l'adhérence tout le poids de l'eau d'alimentation et du combustible. On avait calculé que le cinquième essieu porterait 12 tonnes, limite du poids que l'on peut imposer à un essieu.

Mais l'expérience faite sur la machine construite a montré qu'il était impossible de placer l'eau sur le tender sans faire monter à 15 tonnes la pression sur le dernier essieu E. Aussi a-t-on renoncé à mettre l'eau sur la machine; on la transporte dans une bâche placée sur un fourgon spécial attelé à la suite de la locomotive. C'est revenir en réalité à

séparer le tender de la locomotive, d'autant mieux que la communication de la machine avec le fourgon laisse peu de place pour la provision de charbon sur la plate-forme.

Le poids de la machine ainsi modifiée se répartit comme il suit par essieu moteur :

		tonnes.	tonnes.	tonnes.
1er groupe. . .	1er essieu, en avant.	9,20	27,05	42,40
	2e.	9,10		
	3e.	8,75		
2e groupe. . .	4e.	6,25	15,35	
	5e.	9,10		

Le poids du fourgon en charge s'élève à 15 tonnes, qui augmentent l'effort de traction sans contribuer à l'adhérence.

Bien que le mouvement soit trop bas, la chaudière est encore trop élevée au-dessus de la voie, ce qui diminue la stabilité de la locomotive, et la condamne aux petites vitesses.

En définitive, il semble prouvé que la machine de Steierdorf ne rend pas les services qu'on peut demander d'une locomotive de montage. A la remonte, elle traîne 18 wagons vides; à la descente, on laisse agir la pesanteur en mettant un frein pour deux wagons. La vitesse des trains n'excède pas 8 kilomètres dans un sens ou dans l'autre. Plus souvent elle est réduite à 6 kilomètres. Est-ce bien là un chemin de fer ?

On pourrait peut-être pousser les trains à la remonte au lieu de les tirer, pour éviter les accidents de rupture d'attelage; mais la roideur des courbes ne permet pas d'avoir confiance dans ce procédé, qui peut amener le déraillement de la tête des trains. Il faudrait, pour être tout à fait sûr du résultat, employer deux machines, l'une en tête, l'autre en queue, et pour un train vide ce serait un trop grand excès de puissance.

Nous reviendrons sur la machine de Steierdorf, après avoir traité d'une manière théorique la question de l'influence des pentes, dans le chapitre suivant.

CHAPITRE IV.

RECHERCHES SUR LA MESURE DE L'INFLUENCE DES RAMPES SUR L'EXPLOITATION.

Nous allons chercher, dans l'étude de la locomotive, à apprécier numériquement l'influence des rampes du profil en long sur l'exploitation d'une ligne. Rappelons d'abord les lois du travail de la machine.

Soit p_1, la pression de la vapeur dans la période d'admission;

p_2, la pression de la vapeur à l'échappement;

V le volume de vapeur sous la pression p_1, dépensé par les cylindres moteurs dans un temps donné, dans une heure par exemple;

K, un coefficient qui indique la fraction de la course du piston pendant laquelle l'admission a lieu.

Le travail P de la vapeur pendant l'heure considérée est représenté approximativement par la fonction

$$P = V\left(p_1\left[1 + \text{log. nép.}\,\frac{1}{K}\right] - \frac{p_2}{K}\right)\ (*).$$

Nous admettrons, comme on le fait ordinairement, que le cinquième du travail P est absorbé par les résistances du mécanisme, de sorte que le travail moteur T utilisé pour la traction est seulement égal à $\frac{4}{5}$ P.

Appelons U la vitesse du train en kilomètres par heure; l'effort F de traction sera en moyenne égale à $\frac{T}{1\,000\,U}$; si le

(*) Nous nous servons encore de cette formule, bien que la nouvelle théorie mécanique de la chaleur en ait fait reconnaître l'inexactitude, parce qu'il n'existe pas encore de formule simple à y substituer. La rigueur absolue n'est d'ailleurs pas nécessaire dans une question d'application pratique.

kilogrammètre est l'unité avec laquelle on évalue le travail T, cette fraction exprime la valeur de F en kilogrammes. Le volume V est exprimé en mètres cubes; p_1 et p_2 sont des pressions estimées en kilogrammes par mètre quarré, de sorte que P est le produit d'un nombre de kilogrammes par un nombre de mètres linéaires.

Représentons par Q le poids du train, exprimé en tonnes françaises, locomotive et tender compris. L'effort de traction F est une fonction du poids Q du train, de la vitesse U, et de l'inclinaison i de la rampe que le terrain gravit; la formule de W. Harding donne en effet entre ces trois quantités la relation

$$F = (2{,}72 + 0{,}094U + i)Q + 0{,}0242U^2.$$

i est évalué en millimètres, et doit être assez petit pour qu'on puisse confondre l'un avec l'autre le sinus et la tangente de l'angle formé par la rampe avec l'horizon. La section transversale du train est supposée égale à 5 mètres quarrés.

Jusqu'ici la vitesse U est arbitraire. Il y a cependant, parmi toutes les vitesses que le train peut prendre, une vitesse qui correspond à l'emploi le plus avantageux du volume de vapeur produit par la chaudière. Si le nombre des coups de piston dans un temps donné ne suffit pas pour utiliser la totalité de ce volume, l'excès de vapeur qui s'accumule dans la chaudière sort en pure perte par les soupapes de sûreté; si, au contraire, le nombre des coups de piston est assez grand pour qu'il enlève à la chaudière plus de vapeur qu'elle n'en produit, il y a appauvrissement de la chaudière, et la pression ne s'y maintient pas à la limite convenable. Le travail régulier d'une locomotive correspond, au contraire, à cet état idéal où la pression resterait sans variation dans la chaudière à la plus haute valeur qu'elle puisse avoir sans faire souffler les soupapes, la chaudière

réparant à chaque coup de piston ses pertes en eau et en calorique.

Nous admettrons donc pour *vitesse normale*, celle qui correspond à l'utilisation intégrale du volume de vapeur produit par la chaudière. Soit ω le volume de l'un des cylindres ; $K\omega$ sera le volume de vapeur admis sous la pression p_1 à chaque pulsation simple du piston. Les deux cylindres de la machine dépenseront donc un volume de vapeur égal à $4K\omega$ pour un tour des roues motrices. R étant le rayon de ces roues, la fonction $\frac{U \times 1000}{2\pi R}$ représente le nombre de tours de roue par heure, de sorte que la vitesse normale U est liée au volume V par l'équation

$$4K\omega \times \frac{U \times 1000}{2\pi R} = V,$$

d'où l'on déduit :

$$U = \frac{V\pi R}{2000 K\omega}.$$

Dans cette équation, R et ω sont des *paramètres* constants de la machine ; V varie avec l'intensité du feu, et dépend, d'un autre côté, de la surface de chauffe de la machine, qui est constante. K est variable entre certaines limites à la volonté du mécanicien. On voit que, toutes choses égales d'ailleurs, U est inversement proportionnel à K, ou à la longueur de l'admission ; en d'autres termes, la vitesse U augmente à mesure que la détente augmente.

Pour déterminer rationnellement le volume V, il faudrait exprimer qu'un certain poids d'eau, pris à une température connue dans le tender, et égal au poids du volume V de vapeur sous la pression p_1, absorbe pour se changer en vapeur à cette pression une quantité de chaleur égale à celle que produit utilement en une heure le poids du combustible brûlé pendant ce temps dans le foyer. Cette méthode supposerait connus certains éléments qui restent

encore assez vagues, et elle est d'une application impossible. L'observation a conduit à une règle pratique qui permet de tourner les difficultés de la théorie. Une chaudière tubulaire produit par heure une quantité de vapeur proportionnelle à la surface de chauffe *réduite* de la chaudière. Cette surface réduite s'obtient en ajoutant à la surface du foyer, vue directement par le feu, une fraction déterminée, le tiers par exemple, de la surface des tubes. Dans les locomotives ordinaires, chaque mètre quarré de cette surface réduite produit par heure une quantité de vapeur qui varie de 120 à 160 kilogrammes. Nous supposerons donc dans ce qui suit que le feu soit mené de telle sorte que la quantité de vapeur produite en une heure soit constamment égale au produit de la surface réduite S, par 150 kilogrammes; il en résultera que le volume V s'obtiendra en multipliant $S \times 150$ par le volume de vapeur saturée, sous la pression p_1, qui pèse 1 kilogramme.

Dans tout ceci, nous admettons que p_1 est à la fois la pression dans la chaudière et la pression d'admission dans les cylindres : ces deux pressions sont inégales en réalité, mais leur différence doit être assez petite. La pression à la sortie du cylindre peut être supposée constante; nous la prendrons égale à 2 atmosphères et demie. La pression dans la chaudière atteint généralement 8 atmosphères; nous la supposerons seulement de 7, ce qui laisse au mécanicien une certaine marge pour les circonstances extraordinaires ou pour les points particuliers du profil.

A la pression de 7 atmosphères, qui correspond à 166 degrés et demi, le kilogramme de vapeur occupe, d'après Dulong et Arago, un volume de $0^{m.cub.},286$. On a encore

$p_1 = 72.277$ kilogrammes par mètre quarré pour 7 atmosphères, et

$$p_2 = 25.813 \quad \text{pour 2 atm. } 1/2,$$

En définitive, nous avons, en rassemblant toutes nos

équations, la série des opérations à faire pour déterminer le poids Q.

$$V = S \times 150 \times 0{,}286,$$

$$U = \frac{V\pi R}{2000\,K\omega} = \frac{150 \times 0{,}286 \times \pi}{2000 \times K} \times \frac{SR}{\omega},$$

$$F = \frac{\frac{4}{5} V \left(p_1\left(1 + \text{log. nép. } \frac{1}{K}\right) - p_1 \frac{1}{K}\right)}{1000\,U}$$

$$= \frac{8}{5}\,\frac{K\omega}{\pi R}\left(p_1\left(1 + \text{log. nép. } \frac{1}{K}\right) - \frac{p_1}{K}\right)$$

$$Q = \frac{F - 0{,}0242\,U^2}{2{,}72 + 0{,}094\,U + i}.$$

Supposons que le profil en long contienne une rampe indéfinie sous l'inclinaison i, et cherchons la valeur maximum du poids Q du train, correspondante à cette inclinaison. Le maximum de Q correspond au minimum de U et au maximum de F; le minimum de U correspond d'ailleurs au maximum de K, ou à $K = 1$, et cette hypothèse fait en même temps F maximum.

En résumé, si l'on fait $K = 1$, on a la valeur maximum de Q en fonction de l'inclinaison i, par une équation de la forme

$$Q = \frac{A}{B + i},$$

où A et B sont des quantités constantes.

Cette équation entre les variables Q et i représente une hyperbole, dont les asymptotes sont, l'une l'axe des i, et l'autre la droite $i = -B$, parallèle à l'axe des Q.

Si l'on construit cette hyperbole, les ordonnées de la courbe indiqueront les limites du poids des trains pour un travail régulier de la machine sur une longue rampe de i millimètres.

En laissant subsister dans les équations la variable K, et en lui attribuant successivement des valeurs moindres que l'unité, on obtiendra encore entre Q et i des relations qui représenteront de nouvelles hyperboles, chacune d'entre elles correspondant à une valeur déterminée de K ou, ce qui revient au même, à une valeur déterminée de la vitesse U. Toutes ces hyperboles ont pour asymptote commune l'axe des i; l'autre asymptote varie de position, mais non de direction, avec le nombre K.

Connaissant les deux asymptotes de ces hyperboles, il suffit de déterminer un point de la courbe pour en construire d'autres points avec une grande facilité; il est naturel de prendre ce premier point sur l'axe des Q, en posant $i = 0$.

Nous allons appliquer ces calculs à deux types connus de machines, l'une pour les voyageurs, l'autre pour les marchandises. Dans les deux, nous supposerons la surface de chauffe réduite égale à 30 mètres quarrés; le volume de vapeur produit par heure sera donc égal à 1.287 mètres cubes.

Dans la machine à voyageurs, le diamètre de la roue motrice est égal à $1^{m},80$, et le volume du cylindre est égal à 60 litres; nous ferons donc $R = 0^{m},90$, $\omega = 0^{m.cub.},06$, et, par suite,

$$U = \frac{30^{k},3}{K},$$

Dans la machine à marchandises, nous prendrons R moindre et ω plus grand, en posant :

$$R = 0^{m},60 \quad \text{et} \quad \omega = 0^{mc},07;$$

donc

$$U = \frac{17,3}{K}.$$

Donnons ensuite à K les valeurs décroissantes 1, 0,9, 0,8, etc., et calculons les valeurs correspondantes de Q

pour $i = 0$; les résultats de ces calculs sont contenus dans les trois tableaux suivants :

Premier tableau, commun aux deux machines.

K.	COEFFICIENT de la détente.	VALEURS de la fonction $p_1\left(1+\text{log. nép.}\ \frac{1}{K}\right)-p_2\frac{1}{K}$	P.	T.
1,0	0	46.464	59.799.168	47.839.334
0,9	$\frac{1}{10}$	51.171	65.857.077	52.685.662
0,8	$\frac{1}{5}$	56.137	72.248.319	57.798.655
0,7	$\frac{3}{10}$	61.214	78.782.418	63.025.934
0,6	$\frac{2}{5}$	66.118	85.093.866	68.065.093
0,5	$\frac{1}{2}$	70.744	91.047.528	72.838.022
0,4	$\frac{3}{5}$	73.971 (maximum)	95.200.677	76.160.542
0,3	$\frac{7}{10}$	73.363	94.418.181	75.534.545
0,2	$\frac{4}{5}$	59.535	76.621.545	61.297.236
0,1	$\frac{1}{10}$	—19.430 (négatif)	»	»

TABLEAU n° 2. — *Machine à voyageurs.*

K.	U.	F.	$U^2 \times 0{,}0242$	$F - 0{,}0242U^2$	$2{,}72+0094\,U$	Q.	NOMBRES proportionnels.
	kilom.	kilog.	kilog.	kilog.		to.	
1,0	30,3	1579	22	1557	5,57	279,5	100
0,9	33,7	1563	27	1536	5,89	260,8	93
0,8	37,9	1525	35	1490	6,28	237,2	85
0,7	43,3	1456	45	1411	6.79	207,7	74
0,6	50,5	1347	62	1285	7,47	172,2	62
0,5	60,7	1200	90	1110	8,43	131,7	47
0,4	75,8	1005	139	866	9,85	87,9	31
0,3	101,1	747	247	500	12,22	40,9	15
0,2	151,6	404	556	négatif	»	»	»

TABLEAU N° 3. — *Machine à marchandises.*

K.	U.	F.	$U^2 \times 0{,}0242$	$F - 0{,}0242\,U^2$	$2{,}72 + 0{,}094\,U$	Q.	NOMBRES proportionnels.
	kilom.	kilog.	kilog.	kilog.		to.	
1,0	17,3	2765	7	2758	4,35	634,0	100
0,9	19,2	2744	9	2735	4,52	605,1	95
0,8	21,6	2676	11	2665	4,75	561,0	88
0,7	24,7	2552	15	2537	5,04	503,3	79
0,6	28,9	2355	20	2335	5,44	429.2	68
0,5	34,7	2099	29	2070	5,98	346,2	55
0,4	43,2	1763	45	1718	6,78	253,4	40
0,3	57,7	1309	81	1228	8,14	150,9	24
0,2	86,5	707	181	526	10,85	48,5	8

Le premier tableau indique qu'entre $\frac{4}{5}$ et $\frac{9}{10}$ de détente, le travail moteur de la vapeur devient nul. Cette conclusion n'est pas exacte, parce qu'elle est fondée sur la supposition que p_2 reste toujours constant, ce qui n'est plus vrai, même approximativement, lorsque l'admission devient très-courte. Sans pousser la détente au delà des $\frac{4}{5}$, on voit qu'à cette détente correspond dans la machine à voyageurs une vitesse normale telle que le terme $U^2 \times 0{,}0242$, qui représente la résistance de l'air, surpasserait la force de traction F; de sorte que la limite du nombre K est, dans le problème spécial que nous traitons, comprise entre 0,3 et 0,2.

Pour la machine à marchandises, on ne voit pas de limite semblable, parce que les forces F sont plus grandes et les vitesses U moindres. Mais on peut fixer une limite pratique de la vitesse pour les deux locomotives, en exprimant que le nombre de tours des roues motrices par seconde n'excède pas le nombre 3. On peut admettre, en effet, qu'au delà de trois tours par seconde, il y a de nombreuses chances de rupture pour les pièces du mécanisme. Le nombre de

tours par heure étant égale à $\frac{U \times 1000}{2\pi R}$, il faut qu'on ait l'inégalité

$$\frac{U \times 1,000}{2\pi R \times 3,600} < 3$$

ou, plus simplement, $U < 64R$. Cette limite donne pour u $57^k,6$ pour la machine à voyageurs, et $38^k,4$ pour la machine à marchandises; la première vitesse correspond à une détente comprise entre $\frac{2}{5}$ et $\frac{1}{2}$; la seconde, à une détente comprise entre $\frac{1}{2}$ et $\frac{3}{5}$. Les valeurs extrêmes du nombre K sont donc $K = 0,5$ pour la machine à voyageurs et $K = 0,4$ pour la machines à marchandises, et il est inutile de pousser au delà le tableau.

On pourra construire les hyperboles dont les coordonnées représentent les limites des valeurs de Q en fonction de la pente i. La série de ces hyperboles étant tracée, si on les coupe par une parallèle à l'axe des i, dont l'ordonnée représente le poids d'un train déterminé, les abscisses des points d'intersection donneront les valeurs des inclinaisons i; les hyperboles corrrespondantes indiqueront le degré de détente et par suite la vitesse normale qui conviennent à ces inclinaisons.

Posons comme tout à l'heure :

$$A = F - 0,0242u^2$$

et

$$B = 2,72 + 0,094u.$$

Nous aurons :

$$Q = \frac{A}{B + i}.$$

Soit Q_0 la valeur de Q pour $i = 0$, ou sur un palier ho-

rizontal. Il viendra $A = Q_0 B$; de sorte qu'on a en général :

$$Q = \frac{Q_0 B}{B + i} = \frac{Q_0}{1 + \frac{i}{B}}.$$

Q_0 est variable avec la détente.

On déduit de là les conséquences suivantes :

1° Lorsqu'un train attelé toujours de la même manière parcourt une ligne où se rencontrent des rampes indéfinies à inclinaisons diverses, il faut, pour le travail normal de la machine, que sur chacune les détentes soient réglées de telle sorte que le rapport $\frac{Q_0}{1 + \frac{i}{B}}$ soit constant dans tout le parcours.

2° La présence d'une rampe indéfinie à l'inclinaison i, réduit le poids des trains dans le rapport de $1 + \frac{i}{B}$ à 1, par rapport à ce qui aurait lieu à vitesse égale sur un palier horizontal.

Ainsi la locomotive à voyageurs que nous avons considérée plus haut peut remorquer un train pesant 279^t,5 sur un palier horizontal avec une vitesse de 30^k,3 à l'heure; sur une rampe de 20 millimètres, elle ne pourrait plus maintenir à cette vitesse qu'un train pesant

$$\frac{279,5}{1 + \frac{20}{5,57}} = 60^t,8,$$

c'est-à-dire que la présence de cette rampe réduirait le poids des trains dans le rapport de 4 1/2 à 1.

Une rampe de 10 réduirait le poids des trains dans le rapport de 2,8 à 1.

La rampe de 20 réduit donc le poids des trains dans la

proportion de 45 à 28 ou de 5 à 3, par rapport à la rampe de 10.

La locomotive peut traîner des poids supérieurs à ces limites, mais à des vitesses inférieures à la vitesse normale, c'est-à-dire sans utiliser intégralement la quantité de chaleur dépensée.

Nous avons dressé l'épure des hyperboles qui représentent les valeurs de Q. La région des i négatifs ne doit pas être prise en considération, sauf peut-être pour les très-petites valeurs absolues de la pente.

Lorsque la pente est forte, le train prend sous l'action de la pesanteur une vitesse accélérée, qui force à serrer les freins; les constantes numériques des formules changent immédiatement, et les équations ne sont plus applicables. En même temps, on modifie la distribution de la vapeur, en n'en donnant aux cylindres qu'une quantité très-faible, seulement pour lubrifier les surfaces et prévenir les grippements des parties frottantes. La vapeur ne produit plus alors qu'un petit travail négatif. La pression s'accroît dans la chaudière, et les mécaniciens peuvent ainsi réaliser un certain excès de pression qui leur sert à remonter plus facilement une rampe faisant suite à la pente. Il n'y a plus là de travail régulier pour la machine. Les freins, d'un autre côté, sont nuisibles à la voie et au matériel roulant. Ainsi les fortes inclinaisons sont doublement défavorables : à la remonte, elles limitent les poids des trains, et augmentent par suite les frais d'exploitation ; à la descente, elles interrompent la régularité du travail de la machine, et nécessitent l'emploi des freins, qui détériorent le matériel.

Ces inconvénients n'existent pas au même degré pour les rampes de faible longueur, sur lesquelles il n'est pas nécessaire que le train acquière une vitesse uniforme. Pour les plans inclinés de 500 à 600 mètres de long au plus, un mécanicien adroit trouve dans la conduite du feu, dans l'augmentation de la pression, et enfin dans l'inertie du

train, le moyen de les franchir sans compromettre la marche de la machine.

On doit donc faire abstraction, dans l'étude de l'influence des pentes d'un profil, des inclinaisons de faible longueur, et partager le profil en parties de plusieurs kilomètres, réductibles chacune à une inclinaison moyenne. La plus forte de ces inclinaisons est celle qui limite le poids des trains.

Les calculs que nous venons d'indiquer donnent une méthode très-simple pour comparer entre eux différents types de locomotives.

Prenons par exemple dans le tableau des pages 396 et suivantes du *Guide du mécanicien constructeur et conducteur de locomotives*, de MM. Lechâtelier, E. Flachat, J. Petiet et C. Polonceau, les principaux éléments des machines indiquées dans les colonnes 5, 6, 7, 8, 14 et 18; ce qui comprend trois machines à voyageurs, une machine mixte, une machine à marchandises ordinaire, et une machine Engerth : nous pourrons en déduire 1° la surface réduite de chauffe, en ajoutant le tiers de la surface des tubes à la surface du foyer; 2° le volume des cylindres; ces calculs préliminaires nous permettent de déterminer le rapport $\frac{\omega}{R}$, qui est un des facteurs de l'expression de la force F, et le rapport $\frac{SR}{\omega}$, qui est un des facteurs de la vitesse U; en réunissant à ces six machines, les deux locomotives que nous avons prises tout à l'heure comme types, nous formons le tableau suivant :

	MACHINES A VOYAGEURS				MIXTE	MACHINES A MARCHANDISES		
	1re Type.	Lyon. Cail. 1856. 5	Orléans. Polonceau, 1854. 6	Midi, Gouin, 1856. 7	Crampton, Nord, Cail. 1857. 8	2e Type.	Orléans, Polonceau, 1855. 14	Engerth, Nord, Creusot, 1856. 18
Surface de chauffe.	m.car.	m.car.	m.car.	m.car.	m.car.	m.car.	m.car.	m.car.
Foyer	»	6.7786	6.128	7.777	7.000	»	7.300	9.708
Tubes	»	83.5120	72.800	88.053	93.550	»	114.900	186.688
Surface de chauffe réduite S.	30.00	34.62	30.39	37.13	38.18	30.00	45.90	71.94
Diamètre de la roue motrice	1.800	1.810	2.027	2.100	1.220	1.20	1.377	1.256
Diamètre du cylindre	»	0.400	0.400	0.420	0.400	»	0.420	0.500
Course du piston	»	0.600	0.600	0.560	0.550	»	0.650	0.660
R	0.900	0.905	1.013	1.050	0.610	0.600	0.688	0.629
ω	0.060	0.075	0.075	0.078	0.069	0.070	0.090	0.130
Coefficient de la force de traction $\frac{\omega}{R}$	0.0667	0.0829	0.0740	0.0743	0.1131	0.1167	0.1308	0.2067
Coefficient de la vitesse normale $\frac{SR}{\omega}$	430	418	411	500	338	255	351	348

Les coefficients donnés dans ce tableau peuvent servir à calculer les vitesses normales et les forces de traction des machines à diverses détentes, au moyen des résultats déjà trouvés pour les machines types; par exemple, la machine Engerth de la colonne 18, travaillant sans détente, a pour vitesse normale : $17^k,3 \times \frac{348}{255} = 23^k,6$, et développe un effort de traction égal à

$$2.765 \times \frac{0,2067}{0,1167} = 4.898 \text{ kil.}$$

Les poids maxima des trains que la machine peut traîner à pleine pression sur différentes rampes sont donnés par la formule :

$$Q = \frac{4.898 - 0,0242 \times \overline{23,6}^2}{(2,72 + 0,094 \times 23,6) + i} = \frac{4.885}{4,94 + i},$$

savoir :

$Q = 988$ tonnes pour $i = 0$	$Q = 245$ tonnes pour $i = 15$
$Q = 492$. . . . . $i = 5$	$Q = 196$. . . . . . . $i = 20$
$Q = 327$. . . . . $i = 10$	$Q = 163$. . . . . . . $i = 25$

Les variations de la pente i influent un peu moins sur la limite du poids traîné par la locomotive Engerth qu'elles ne le font pour la machine type, parce que le terme constant du dénominateur 4.94 est plus grand que le terme correspondant 4.35 : mais les divergences ne sont pas très-grandes.

Cette remarque nous conduit à formuler une règle pratique pour la mesure de l'influence des rampes ; nous avons vu que l'on a pour une même détente $Q = \frac{Q_0}{1 + \frac{i}{B}}$; de sorte que la fraction $\frac{1}{1 + \frac{i}{B}}$ est la mesure cherchée. Mais la quantité B est égale à $2.72 + 0.094\ U$, fonction qui ne dépend que de la vitesse. D'après le tableau qui précède, on voit que les coefficients $\frac{SR}{\omega}$ des vitesses normales varient pour les machines à voyageurs de 400 à 500, et pour les autres machines de 250 à 350 ; les valeurs extrêmes pratiques de la quantité B sont donc, en supposant la détente nulle, ce qui correspond au maximum de l'effort de traction :

		kil.
Machines à voyageurs. . . .	maximum : $B = 5.92$	pour $U = 34,0$
	minimum : $B = 5,28$	pour $U = 27,2$
Machines mixtes, et machines à marchandises.	maximum : $B = 4,94$	pour $U = 23,6$
	minimum : $B = 4,42$	pour $U = 17,0$

Le coefficient d'influence des rampes est ainsi exprimé par les fractions :

$$\frac{1}{1+\frac{i}{5,92}} \quad \text{ou} \quad \frac{1}{1+\frac{i}{5,28}}$$

pour les trains de voyageurs, et

$$\frac{1}{1+\frac{i}{4,94}} \quad \text{ou} \quad \frac{1}{1+\frac{i}{4,42}}$$

pour les trains de marchandises, suivant les machines employées. Prenant la moyenne des valeurs numériques extrêmes de B qui sont peu différentes, on obtient pour mesure moyenne de l'influence des rampes, applicables à toutes machines, les fractions :

$$\frac{1}{1+\frac{i}{5,60}} \quad \text{et} \quad \frac{1}{1+\frac{i}{4,68}},$$

l'une pour les trains de voyageurs, et l'autre pour les trains de marchandises.

La table suivante donne les valeurs de ce coefficient pour différentes rampes de 0 à 25 millimètres.

INCLINAISON de la rampe, *i*.	NOMBRES PROPORTIONNELS aux poids limites des trains, à la marche normale.	
	Trains de voyageurs.	Trains de marchandises.
millim.		
0	1.000	1 000
1	0.847	0.826
2	0.735	0.659
3	0.649	0.610
4	0.585	0.541
5	0.528	0.483
6	0.488	0.439
7	0.444	0.402
8	0.411	0.369
9	0.383	0.342
10	0.360	0.318
11	0.338	0.298
12	0.318	0.281
13	0.300	0.265
14	0 286	0.251
15	0.272	0.238
16	0.259	0 226
17	0.247	0.215
18	0.237	0.206
19	0.228	0.198
20	0.219	0.190
21	0.211	0.182
22	0.203	0.176
23	0.196	0.169
24	0.189	0.163
25	0.183	0.158

Ce tableau résout complétement la question que nous nous sommes posée.

Il est impossible dans la pratique de construire une ligne où les pentes soient rigoureusement nulles. L'expérience a conduit à considérer la pente de 5 comme la limite des pentes faibles; c'est aussi la limite usuelle au-dessus de laquelle on a recours aux freins. En admettant donc que les pentes au-dessous de 5 soient une nécessité de la construction d'un chemin quelconque, on voit qu'une rampe

de 6, 7, 8, 9 ou 10 millimètres, réduit le poids des trains proportionnellement aux nombres suivants :

	RAMPES					
	de 5 mill.	de 6 mill.	de 7 mill.	de 8 mill.	de 9 mill.	de 10 mill.
En grande vitesse....	1.000	0.911	0.841	0.778	0.725	0.682
En petite vitesse....	1.000	0.909	0.832	0.764	0.706	0.658

DE L'ADHÉRENCE.

Si l'on multiplie le poids total qui pèse sur les essieux moteurs d'une locomotive, par le coefficient du frottement du fer sur le fer, ou de la roue sur le rail, on a la mesure de l'adhérence totale; elle doit être supérieure à l'effort de traction maximum. Dans les rampes on doit remplacer le poids des essieux par la composante de ce poids normale au plan de la voie; mais comme les inclinaisons sont toujours assez petites, on peut admettre que l'adhérence ne subit pas de diminution sensible quand la machine s'engage sur un plan incliné.

Ce qui fait varier l'adhérence, c'est le coefficient du frottement, lequel diminue beaucoup lorsque les rails sont humides. Dans les temps secs, il est égal à 1/6; mais on ne peut compter sur la conservation de cette haute valeur, et on réduit à 0.10 la valeur pratique de ce coefficient.

Le poids qui pèse sur l'ensemble des essieux moteurs doit donc être décuple de l'effort de traction maximum.

Pour la conservation des bandages et des rails, il ne faut pas que le poids d'un essieu moteur excède 12 tonnes. On saura donc toujours le nombre d'essieux qu'il faut accoupler pour produire l'adhérence nécessaire. Les diverses parties de la machine doivent être distribuées de manière à réaliser les pressions convenables sur chacun des essieux.

Autant que possible, les pressions sur les essieux moteurs doivent être égales, pour que toutes exigent les mêmes efforts et offrent à l'action des bielles des résistances comparables. S'il en est autrement, il est à craindre que l'accouplement ne produise des avaries dans les organes de transmission. Le règlement des pressions sur les différents essieux se fait avec facilité, quand la machine est bien construite, au moyen des ressorts et des balanciers qui réunissent les roues au châssis.

Nous allons appliquer les principes qui précèdent à divers types de machines des chemins autrichiens.

Tableau de machines locomotives de la compagnie du Sud de l'Autriche.

INDICATION des machines.	POIDS en service — Total.	POIDS en service — sur les essieux moteurs (adhérence)	Nombre d'essieux moteurs.	ESPACEMENT — des essieux extrêmes.	ESPACEMENT — des essieux non articulés.	Pression de la vapeur.	Rayon de la roue motrice R.	PISTON. — Diamètre.	PISTON. — Course.	Volume du cylindre ε.	SURFACE DE CHAUFFE — Foyer.	SURFACE DE CHAUFFE — Tubes.	SURFACE DE CHAUFFE — Réduite S.	$\frac{\varepsilon}{R}$	$\frac{SR}{\varepsilon}$	Vitesse normale.	Efforts de traction.
	kilog.	kilog.		mèt.	mèt.	atm.	mèt.	mèt.	mèt.	m.c.	m.ca.	m.ca.	m.ca.			kil.	kil.
8-6 Hasswell.	46.[illegible]00	18.500	2	5,110	1,791	6,3	0,790	0,385	0,579	0,067	7.09	95,32	38,86	0,0848	458	31,1	2009
10-5 Hasswell.	27.900	20.400	2	3,319	»	6,3	0,790	0,402	0,579	0,079	5,50	89,43	35,31	0,1000	353	24,0	2369
11-4 Hasswell.	26.900	17.700	2	4,583	»	6,3	0,869	0,402	0,579	0,079	6,00	101,92	39,97	0,0909	440	29,0	2154
7-18 (1) Hasswell.	30.700	18.300	2	6,032	3,793	6,5	0,711	0,408	0,632	0,083	6,40	103,42	40,96	0,1167	351	23,9	2765
5-5 Hasswell.	27.200	21.000	2	3,899	1,475	6,3	0,711	0,385	0,579	0,067	6,30	87,63	35,51	0,0942	378	25,7	2232
1-9 Ternitz (Engerth modifié), Hasswell.	15.350	23.500	2	7,494	2,371	6,3	0,711	0,408	0,632	0,083	6,20	103,72	40,77	0,1167	349	23,7	2765
24-8 Kessler.	33.600		3	2,950	»	6,3	0,711	0,462	0,632	0,106	8,39	128,49	51,22	0,1491	343	23,3	3533
20-6 Schneeberg (Engerth modifié), Cokerill.	56.400	36.900	3	6,471	2,726	7,4	0,632	0,474	0,610	0,107	7,09	149,78	57,02	0,1693	337	22,9	4011
19-24 Mürsteg (2) (Engerth modifié), Kessler et Cokerill.	43.700		4	3,438	2,292	7,4	0,533	0,474	0,610	0,107	6,99	149,89	56,92	0.2007	283	19,2	4755

(1) Dans cette machine, l'essieu de la petite roue d'arrière avait un jeu longitudinal; la distance de $3^m,793$ est comptée de cet essieu à l'essieu moteur d'avant. L'essieu des petites roues d'avant est monté sur un chariot mobile autour d'une cheville ouvrière fixée un peu en arrière de l'essieu. Cette machine est réformée aujourd'hui L'essieu d'arrière, trop peu chargé, sortait de la voie.

(2) Le dernier essieu a un jeu latéral de 20 millimètres.

Les deux dernières machines sont employées sur le Semmering. Si l'on veut trouver le poids des trains qu'elles peuvent remorquer, on emploiera la formule qui donne **Q** en fonction de l'effort de traction, de la vitesse et de la pente, et on trouvera, pour une rampe de 25,

Pour la première machine :

$$Q = \frac{4.011 - 0{,}0242 \times \overline{22{,}9}^2}{(2{,}72 + 0{,}094 \times 22{,}9) + 25} = \frac{4.011 - 7{,}4}{29{,}87} = 134 \text{ tonnes.}$$

Et pour la seconde :

$$Q = \frac{4.755 + 0{,}0242 \times \overline{19{,}2}^2}{(2{,}72 + 0{,}094 \times 12{,}2) + 25} = \frac{4.755 - 8{,}9}{29{,}52} = 194 \text{ ton.}$$

Les charges effectives des trains sur le Semmering confirment ces résultats; elles sont fixées pour la machine de voyageurs à 100 tonnes, et pour la machine à marchandises, à 175, moitié du poids normal des trains.

La machine à marchandises, qui doit développer un effort de 4.755 kilogrammes, a besoin d'un poids adhérent de 47:550 kilogrammes au moins; ce qui, à 12 tonnes par essieu, représente 4 essieux moteurs. Le poids de la machine est un peu au-dessous de cette limite.

La machine à voyageurs n'ayant que 3 essieux moteurs, supportant un poids total de 36.900 kilogrammes, ne pourrait développer en toute sécurité qu'un effort de 3.690 tonnes; de sorte qu'elle possède un certain excès de puissance qu'elle ne peut utiliser pour la traction.

Calcul de la machine de Steierdorf.

Le rayon R des roues motrices est.		$0^m,500$
Les dimensions du cylindre sont :	rayon. . . .	$0^m,215,5$
	course . . .	$0^m,632$
Le volume du cylindre ω =.		$0^{mc},092$

La surface de chauffe se compose des deux parties suivantes :

foyer.	$7^{m.c.},22$
tubes.	$115^{m.c.},69$

La surface réduite S est donc égale à $45^{m},78$.

Le coefficient de traction $\frac{\omega}{R}$ est égal à 0,184, et le coefficient de la vitesse, $\frac{SR}{\omega}$, à 249.

D'où résulte que la vitesse normale à pleine pression est $16^{k},8$ par heure, et l'effort de traction maximum, $4.359^{k},3$.

Le poids contribuant à l'adhérence est seulement de 42.400 kilogrammmes ; ce qui indique une légère insuffisance.

A la vitesse normale de $16^{k},8$ par heure, sur une rampe de 20 millimètres, le poids du train que pourrait traîner la machine est donné par la formule :

$$Q = \frac{4.359,3 - 0,0242 \times \overline{16,8}^2}{2,72 + 0,094 \times 16,8 + 20} = \frac{4.359,5 - 6,8}{2,72 + 1,58 + 20} = 180 \text{ ton.}$$

La locomotive remorque effectivement un train dont le poids est ainsi composé :

	tonnes.
Poids de la machine, tender compris.	42,40
Fourgon servant de tender supplémentaire, soit. .	15,60
18 wagons vides à 5 tonnes.	90,00
total.	148,00

à une vitesse qui n'atteint pas 10 kilomètres.

Il serait à souhaiter qu'on pût trouver une formule qui donnât l'influence des courbes avec autant de netteté que celle qui fait connaître l'influence des inclinaisons. Nous avons montré, dans un chapitre précédent, combien ce

nouveau problème était complexe; la masse d'éléments qui devraient entrer dans la formule la rendrait peu propre aux applications. Nous nous contenterons ici de signaler des expériences faites à ce sujet sur la ligne de Vienne à Trieste par M. Desgrange : l'emploi du dynamomètre l'a conduit à trouver des valeurs approximatives des résistances développées pendant la traction en courbe. Mais la réduction de ces résultats en une formule n'est pas encore un problème résolu.

Les perfectionnements successifs des machines locomotives ont permis de dépasser de beaucoup sur les chemins de fer récemment construits, les inclinaisons qu'à l'origine on regardait comme des limites extrêmes, et l'on a pu prolonger ainsi les voies ferrées dans des régions d'où les accidents du sol avaient paru d'abord les écarter pour toujours. Ce progrès ne doit pas cependant faire oublier l'influence très-défavorable qu'exercent les inclinaisons prononcées sur l'exploitation d'une ligne. L'instrument appelé chemin de fer a pour objet principal d'opérer une réduction sensible dans les résistances qui sont à vaincre pour effectuer les transports horizontaux. Un pareil instrument n'est qu'une route ordinaire perfectionnée. De là, résulte la nécessité logique et sentie dès les premiers moments, d'adoucir pour les appliquer aux nouvelles voies, les inclinaisons admises sur les anciennes routes. Cette condition primitive n'est pas modifiée par la création des meilleurs types de machines. Le moteur, si parfait qu'il soit, ne peut possèder la propriété de rendre les inclinaisons indifférentes à la puissance et à l'économie de l'exploitation, et la conclusion générale qui nous semble ressortir de nos études, c'est qu'on ne saurait apporter trop de soin à la recherche des bons tracés.

MÉMOIRE

SUR LES GÎTES DE FER DE LA CÔTE SUD-OUEST DE LA NORWÉGE, ARENDAL — NAES — KRAGERÖ.

Par M. TH. KJERULF et T. DAHLL, professeurs à l'Université de Christiania (*).

(Traduit du norwégien par M. FUCHS, ingénieur des mines.)

CHAPITRE Ier.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES DIVERS GISEMENTS.

§ 1. *Gisement de Naeskilen.*

Le gisement de Naeskilen se trouve aux environs d'Arendal, près du détroit de Tromö (Tromö-Sund) et forme une longue bande qui s'étend au bord de la mer, et parallèlement à la direction de la côte (S.-O. à N.-E.), depuis la mine de *Buö*, à l'est, jusqu'à celle de *Crocodile*, à l'ouest (Pl. V, *fig.* 1 et 2).

Les mines les plus importantes de ce vaste gisement, qui a une étendue de plus de 2 kilomètres sont : Crocodile, Stabel, Lange-Skjaerp, Korsberg, Gammle-Mörefjaer, Adeler-Skjerp, Ny-Aslak, Gammle-Aslak, Hav, Stol et Fredsö, puis après un intervalle stérile assez long, Langenaas et Buœ.

Dans toutes ces exploitations, le minerai occupe deux zones distinctes, mais si rapprochées l'une de l'autre, que la partie stérile qui les sépare s'est quelquefois éboulée après l'abattement des parties métallifères; c'est ce qui est arrivé, par exemple, à Buœ, à Hav et entre Ny-Aslak et Ga-

(*) Om Jernertserneś forekomst ved Arendal Naes og Krageroe af Th. Kjerulf og T. Dahll. — Christiania, 1861.

aunle-Mœrefjaer. D'autres fois pourtant, comme à Haabet, cette séparation est suffisamment épaisse pour permettre l'exploitation isolée des deux zones.

Parallèlement à ce premier groupe, un peu plus au nord et se rattachant au même gisement, on en trouve un second moins important, qui comprend les mines de Naes, Holden. et Dreier et quelques autres de moindre dimension.

Les roches qui encaissent tout cet ensemble sont des schistes amphiboliques et micacés, que la présence du feldspath transforme quelquefois en gneiss amphibolique, et des quartzites rougeâtres, généralement feldspathisés et quelquefois argentifères (Naes), qui affectent la forme de couches régulières et sensiblement verticales.

Cette circonstance est due, non pas à un relèvement simple, mais, comme en beaucoup d'autres points de la Scandinavie, à une compression latérale qui, tantôt a brisé, suivant une série de lignes perpendiculaires à sa direction, les couches primitivement horizontales, dont elle a relevé ensuite les divers fragments, tantôt au contraire n'a produit que de simples repliements, dont les érosions ultérieures et quelquefois l'action des glaciers ont plus ou moins altéré les sommets. On peut vérifier cette assertion à l'extrémité S.-O. du gisement qui nous occupe, car le quartzite qui se trouve au sud de la mine de Haabet est le même que celui que l'on rencontre au nord de celle de Crocodile, et celui qui occupe le toit de Mörefjaer se retrouve au toit de la mine de Hav. La même circonstance paraît se reproduire, quoique d'une manière moins nette à cause d'une éruption granitique, à l'E. de Naës.

Ces schistes cristallins sont recoupés par 4 séries d'éruptions qui ont donné, par rang d'âge :

1° Une roche métallifère composée de *magnétite* et d'une gangue formée de *grenat*, de *pyroxène* et de *calcite*. Avec elle de l'Hypérite ;

2° Des filons de *pegmatite* et de *syénite;*

3° Des filons de *porphyre* micacé et pyroxénique;

4° Des filons *calcaires*.

1° *Roche métallifère.*—La roche métallifère ne présente à Naeskilen que d'une manière fort imparfaite et moins que dans les autres gisements de la côte, les caractères qui l'ont souvent fait désigner sous le nom de *Roche à grenats*. C'est entre les mines d'Aslak et de Hav et dans celle de Naes (où elle est exploitée comme fondant) qu'elle se rapproche le plus de son type normal, mais, en général, c'est le calcaire et l'augite qui dominent. D'ailleurs, il est à remarquer que c'est la zone septentrionale qui est la plus riche en grenats; cette dernière renferme en outre (Crocodile, Aslak, Korsberget) un mica clair (magnésien) tellement caractéristique, que sa présence ou son absence dissipe toutes les incertitudes que la disparition de l'une des deux zones pourrait faire naître sur la nature de celle qui existe seule; enfin le calcaire devient prédominant dans les mines de Mörefjaer, Adler et Langeleiken.

Malgré l'analogie que ces gisements présentent au premier abord avec les roches stratifiées, il est facile de s'assurer de leur origine éruptive. Dans la mine d'Aslak, par exemple, une couche du quartzite encaissant apparaît successivement au *toit* puis au mur du gisement, et est par suite recoupée diagonalement par ce dernier; et d'autre part près du détroit de Blegesund, les affleurements présentent absolument les mêmes caractères que ceux des filons trappéens (ramification de la roche métallifère, perturbation des schistes au contact).

Une remarque analogue s'applique au calcaire blanc, grenu, mélangé de cristaux d'augite et de Wernérite, qui est le représentant de la roche métallifère près de Hellesund et de Stegernaes. Comme ce calcaire est intercalé entre les couches des schistes cristallins, on pourrait être tenté de le considérer comme un calcaire métamorphique, si les petits fragments de schistes, irrégulièrement disséminés dans toutes

les directions à l'intérieur de sa masse, ne démontraient son origine éruptive.

Quant à l'hypérite, elle ne se rencontre qu'en un seul point, au nord des îles Fredsœ, où elle est recoupée par des filons de pegmatite et de porphyre pyroxénique.

2° *Filons granitiques.* — Ces filons se rencontrent en maints endroits du gisement de Naeskilen. On les voit fréquemment recouper la roche métallifère dans les exploitations, et leurs affleurements sont en général faciles à suivre à la surface du sol. Les granites qui composent ces filons sont tantôt amphiboliques et tantôt micacés, mais toujours à grandes parties; les éléments qui les constituent atteignent même quelquefois des dimensions telles que l'on peut exploiter séparément le feldspath pour les fabriques de porcelaine et le quartz pour les verreries. Cette circonstance est réalisée notamment pour les filons de pegmatite qui sont dans le voisinage des mines d'Aslak et de Mœrefjaer.

3° *Porphyres.* — Le *porphyre micacé*, nommé par les mineurs *sandbaand* (*ruban de sable*) à cause de son peu de solidité, ne se rencontre que dans la mine d'Aslak, où il est recoupé par le porphyre augitique. Le mica y est distribué en grands feuillets irréguliers dans une masse argileuse de couleur foncée et presque sans consistance aucune. Les filons de *porphyre augitique* ou plutôt de trapp pyroxénique, ont de nombreux représentants dans le gisement de Naeskilen. La roche qui les constitue, et dont la structure porphyrique est facilement observable près du détroit de Langenaes, est très-altérable à l'air et a reçu pour cela des ouvriers le nom de *skifersteen* (*pierre schisteuse*). Ils paraissent se rattacher aux grandes éruptions de porphyre noir de Holmestrand et sont franchement postérieurs à toutes les formations précédentes. On les trouve à Aslak, Crocodile, Langenaes, Buö, et surtout à Frantzholmer et au détroit de Tromœ, où l'un d'eux recoupe distinctement un grand filon de pegmatite.

4° *Filons calcaires.* — Enfin les filons calcaires avec cristaux accidentels de pyrite et de quartz, se retrouvent dans la plupart des mines du gisement et spécialement dans celle de Gammle-Mörefjaer, où ils présentent un plongement de 45° à 47° vers le sud.

A ce gisement il faudrait sans doute en rattacher un autre moins important : celui qui se trouve sur les hauts plateaux du Hvideberg (mont Blanc), et qui n'en est séparé que par une éruption de gneiss éruptif (*fig.* 4).

Il se trouve dans les mêmes schistes amphiboliques, entourés de quartzite rouge et de grès. La roche métallifère, principalement composée de magnétite et de grenat, forme des lentilles de peu d'étendue. Elle est recoupée par un puissant filon d'une belle syénite formée d'orthose rouge, d'oligoclase blanc, de labrador gris violacé, d'amphibole noir en grands cristaux, d'un peu de quartz et de mica vert clair, enfin d'apatite et d'orthite.

§ 2. *Gisement de Langsev-Thorbjærnsboe-Solberg.*

Ce gisement forme l'extrémité N.-E. d'une large zone métallifère dont la partie occidentale est encore inexploitée et dont on peut suivre les affleurements, sur une longueur de 8 kilomètres environ, depuis Langsev au N.-E. jusqu'à Laerestvedt au S.-O., en passant par les mines de Barbo, Langsev-Thorbjörnsbo, Solberg, Klodeberg, Kjenlid, Hoeiaas, Seldal, Noedebro et Laerestvedt (*fig.* 5 et 6).

Il est caractérisé par l'abondance, la pureté et la facile extraction de ses minerais, qui alimentent les usines de Naes, Fritzoe, Froland, Fossum et Baerum. On peut le diviser en deux groupes distincts :

I. *Groupe de Langsev-Thorbjörnsbo.* Le premier comprend les mines de Langsev, de Solberg et de Thorbjornsbo et présente un très-bel exemple du repliement complet des roches sédimentaires autour du gisement. Ces roches sont, en commençant par les plus anciennes :

1° Des schistes et du gneiss amphiboliques en grande abondance;

2° Des quartzites de couleur claire avec cassure écailleuse, en couches isolées, rouges et grises;

3° Du gneiss gris mélangé intimement à des schistes cristallins.

Ce sont les quartzites qui, à cause de leur couleur claire, se prêtent le mieux à l'observation de l'allure des couches, et qui ont permis de constater d'une manière certaine le repliement des couches; à l'extrémité du gisement, par exemple, on peut, en se promenant sur l'affleurement de la même couche de quartzite, faire le tour de toute la portion du gisement situé à l'E. du détroit de Langsev. Une circonstance analogue se présente à Solberg.

Les roches éruptives de ce gisement sont :

1° La *roche métallifère* qui mieux que partout ailleurs, pourra être désignée ici sous le nom de *roche à grenats*. C'est principalement un mélange de grenat jaune ou légèrement verdâtre (colophonite), de calcite et d'augite. On trouve dans la mine de Langsev plusieurs preuves frappantes de l'origine éruptive de cette roche : compacte et massive dans le bas de la mine, elle se ramifie vers le haut en un nombre croissant de veines plus ou moins épaisses qui finissent même par être dispersées irrégulièrement dans les schistes; en outre, elle affecte une allure plus régulière et plus continue dans les roches amphiboliques que dans les quartzites, comme si elle avait éprouvé une plus grande résistance à son passage à travers ces derniers. Aussi en côtoie-t-elle souvent les couches sans les traverser, et quand elle y pénètre, ce n'est qu'en se divisant en toutes petites veines, comme on peut le constater à la surface des grands rochers qui entourent la mine de Langsev. Quelle que soit d'ailleurs l'allure qu'elle présente, sa ligne de séparation d'avec les schistes est toujours distincte et nettement accentuée. Il n'est pas possible d'avoir la moindre incertitude

à cet égard chaque fois que la roche est dénudée, et nous ne saurions citer un seul exemple d'une transition insensible entre les schistes et la roche métallifère.

Les minerais de toutes les parties de ce gisement ont entre eux de grandes analogies et présentent en général un aspect grenu, provenant de leur mélange intime avec la gangue qui est d'autant plus cristalline que le grenat y est plus abondant. Ils sont différenciés par leur gangue, qui est tantôt l'un, tantôt l'autre des minéraux essentiels de la roche à grenats : calcaire, grenat, pyroxène (cocolithe), ou bien l'une des nombreuses combinaisons auxquelles leur mélange peut donner lieu. A Thorbjœrnsbo ce sont le grenat brun et l'augite qui dominent, ensemble ou séparément, dans les divers filons ; à Solberg, le grenat de différentes couleurs est intimement mélangé au pyroxène (coccolithe) et au carbonate de chaux. Dans les deux mines, la roche métallifère, en se faisant jour à travers les schistes, a formé de petits dômes autour desquels les assises sédimentaires sont repliées de manière à constituer de véritables coupoles.

La proportion de magnétite unie à la gangue est variable comme celle des éléments de cette dernière. On regarde la roche comme un minerai exploitable quand elle renferme 30 à 40 p. 100 de fer métallique. C'est là seulement que l'on pourrait parler d'une transition insensible entre les minerais et les parties stériles. Mais ces dernières ne sont alors qu'une autre variété de la même roche moins riche en fer, et non des schistes toujours nettement séparés de la roche métallifère.

On comprend aussi, que, par suite de ces mêmes circonstances, les filons sont loin d'avoir la même richesse en tous les points de leur profondeur. Plusieurs mines riches à la surface ont dû être rapidement abandonnées, d'autres au contraire n'ont été exploitables qu'en profondeur. Le mélange intime des minerais et de la gangue ne permet d'énoncer aucune règle générale à cet égard.

2° *Granite*. Comme à Naeskilen, on trouve à Langsev deux roches granitoïdes, la pegmatite et la syénite, toutes deux à grands éléments et postérieures au gisement.

A. *Pegmatite*. Cette roche, peu abondante dans le groupe qui nous occupe, a été observée surtout à Langsev (*fig.* 9) et au fond de la mine Comtesse Wedel (Solberg), où elle recoupe la roche métallifère. On en voit également un bel exemple dans la tranchée construite pour la route d'Arendal à Naës, (*fig.* 10), où elle se compose d'orthose rouge de chair, d'oligoclase verdâtre, de mica magnésien brun, d'un peu de mica argentin, de quartz et accidentellement d'orthite et de magnétite. Elle se présente en larges filons sensiblement horizontaux, qui envoient fréquemment des rameaux entre les feuillets des roches schisteuses environnantes : ces rameaux ont cela de particulier. qu'ils sont composés presque exclusivement de quartz et d'un peu de mica et qu'ils sont littéralement imprégnés de cristaux de pyrites.

B. *Syénite*. Les filons de cette roche sont plus abondants que ceux de la précédente, et se rencontrent surtout au centre du gisement métallifère. Il ne faudrait pourtant pas les considérer comme des produits de sécrétion de ce dernier, car ils se retrouvent également en dehors de ses limites, spécialement sur les collines qui avoisinent Langsev et Thorbjœrnsbo. Ils sont composés d'orthose rouge, d'amphibole, d'un peu de quartz et accidentellement de sphène, de pyrite et d'orthite. Ils presentent les mêmes ramifications que les filons de pegmatite et on les voit distinctement recouper, près du lac de Langsev, le gisement qui en cet endroit est composé de grenat foncé, d'épidote et de calcaire.

3° *Gabbro* (*). Cette roche ne se rencontre qu'en un seul point, sur une hauteur voisine du chemin qui relie la mine

(*) MM. Kjerulf et Dahll désignent sous le nom de *Gabbro*, les roches granitoïdes composées de Feldspath labrador et d'un élément plus basique, tel que l'Amphibole, le Diallage ou l'Hypersthène.

de Thorjœrnsbo à la route d'Arendal. Elle est accompagnée d'une fahlbande et recoupée par un filon de pegmatite.

II. *Groupe de Klodeberg-Laerestvedt.* Le deuxième groupe de ce gisement offre la plus grande analogie avec celui que nous venons de décrire, et comprend les mines de Klodeberg, de Kjenlid et de Laerestvedt. Les divers schistes qui constituent la masse du terrain, présentent des variations et des mélanges trop fréquents, pour qu'il soit facile de les grouper d'une façon simple et régulière. On peut dire seulement d'une manière générale, que c'est le schiste amphibolique qui domine, et que l'on trouve des alternances nombreuses et irrégulières de Gneiss, de micaschiste et de quarzite pur (*fig.* 6).

La roche métallifère, qui occupe le centre de ce système de couches, repliées sur elles-mêmes à l'extrémité orientale de la mine de Klodeberg, se compose essentiellement de Grenat souvent mêlé de calcite; d'autres fois pourtant elle est formée de calcite et d'augite, comme on le voit à Langsev. On y remarque aussi de la serpentine jaune, grenue, et l'on trouve même à Kjenlid, un mélange de cette dernière et de calcaire blanc, si bien qu'en ce point la roche métallifère constitue une véritable ophicalcite.

Le minerai, dans ce groupe, est par suite un mélange de magnétite, de calcite et de grenat, ce dernier étant quelquefois remplacé par de la serpentine. D'ailleurs, à cause de l'uniformité des couleurs, ces deux mélanges sont très-difficiles à distinguer l'un de l'autre, ce qui fait que le dernier a rarement été signalé. La présence de la serpentine nous a fait chercher dans les minerais le chrome qui est le compagnon habituel de cette roche, mais nous ne pûmes en trouver de traces.

Le minerai est distribué sur trois grandes zones parallèles : celle du centre, la plus importante de toutes, comprend les mines de Klodberg, d'Ore et de Langgrube; la zone méridionale correspond aux mines de Kjenlid et de Sé-

verin; la zone septentrionale ne renferme que des exploitations à importance secondaire.

Comme à Mœrefjaer, le minerai est recoupé à Kjenlid par un filon presque vertical de calcaire ayant de 5 à 6 centimètres de puissance et qui, outre la calcite, renferme du quartz, de la tourmaline noire, des pyrites de fer et de cuivre, de la botryolithe et de l'apatite.

On retrouve également dans ce groupe le granite et la pegmatite sous forme de filons parfaitement horizontaux, notamment à Klodeberg, où l'on observe un recoupement analogue à celui de Thorbjörnsbo.

Sur le prolongement des trois zones, dont nous venons de parler, se trouvent les mines de Hoeiaas, de Skarvedal et de Seldal qui ne présentent aucune particularité nouvelle, si ce n'est une richesse un peu plus grande en épidote. Plus loin encore, on trouve les sept mines de Noedebro, difficiles à étudier à cause de l'eau qui remplit toutes les excavations. Tout ce que l'on peut en dire c'est, que le minerai se compose d'un mélange de coccolithe, de grenat et de calcite, et qu'il est recoupé par des filons calcaires, renfermant de la datolithe et de la Botryolithe cristallisée; enfin c'est là que, suivant les anciennes traditions, on a trouvé de l'argent dans les gisements.

A l'extrémité de ce groupe se trouvent les mines de Laerestvedt, également distribuées sur deux zones distantes de quelques mètres seulement. Le minerai y est composé de magnétite et de coccolithe et l'on voit distinctement, dans la plus orientale d'entre elles, les schistes refoulés et comprimés pour donner passage à la roche métallifère, elle-même recoupée par de nombreux filons syénitiques et calcaires. Ces derniers, outre la calcite cristallisée, sous diverses formes, renferment de la pyrite, de la magnétite en octaèdres, et de l'amphibole radié.

Enfin, un peu au delà de la limite orientale du groupe, près de la mine de Wedding, se trouve la puissante forma-

tion granitique de Grimstad qui semble avoir recoupé tout le gisement.

§. 3. *Gisement de Braastadt.*

Ce gisement, isolé des précédents, se trouve sur la route de Froland, à 5 kilomètres environ à l'ouest d'Arendal, près de la ferme de Braastadt, et la plupart des caractères que nous venons de signaler pour le gîte de Klodeberg peuvent lui être appliqués sans changement. La roche encaissante se compose de quartz et de schistes amphiboliques, et les affleurements du premier ont permis de constater le repliement de l'ensemble des couches au N.-E. et une perturbation complète dans leur allure au sud du gisement. Les roches constitutives de ce dernier sont : la magnétite, le pyroxène, le grenat brun et la calcite rose géodique. Le minerai riche et pur se trouve réparti sur une série de zones parallèles, dont les trois plus importantes comprennent :

La première, les mines de Charlotte, de Skov, de Gyldenloeve et de Gamle-Lang-grube ;

La seconde, très-voisine de la précédente, celles de Pompe, d'Antoinette, d'Hesterump, de Mellemskjaerp, de la Baleine (Hvalfisk) et des Trois-Frères ;

La troisième, celles de Jense, de Lille-Langgrube, de Zugge et de Katte.

Cet ensemble est recoupé par de nombreux filons de syénite et de pegmatite, qui, outre les conditions générales déjà mentionnées, offrent, comme particularité, la présence de la Babingtonite et de la Wernérite.

§ 4. *Gisement de Tromö.*

Ce gisement, situé au sud du détroit de Tromö, s'étend dans la direction même de la stratification des schistes cristallins. Les mines qu'il comprend sont situées entre Voxnaeskilen et Alvekilen et portent les noms de Voxnaes, Gjedoeiet, Alveland et Alveholm (*fig.* 5).

C'est près de la ferme de Voxnaes que se trouvent les zones métallifères les plus puissantes, elles-mêmes subdivisées en plusieurs bandes, d'allure et d'importance variables.

Dans la zone septentrionale, la roche métallifère est composée principalement de grenat jaune, de calcaire et de mouches isolées de magnétite. C'est sur son prolongement occidental que se trouve la mine de Gjedoeiet, caractérisée par la présence de l'augite. Les schistes cristallins encaissants (quartzites et schistes amphiboliques) y sont recoupés par de larges filons de Gneiss-granite. La zone méridionale (mine de Voxnaes), présente le mélange habituel de grenat, d'augite et de calcite, avec des mouches de magnétite. Elle n'est exploitée que comme fondant.

Les deux mines d'Aveland et d'Alveholm sont comprises dans l'intérieur d'une boucle produite par le repliement des schistes. Un beau quartzite roze en dessine nettement le contour, et les schistes amphiboliques en occupent la partie centrale.

Le minerai s'y trouve presque sans gangue, simplement mélangé avec un peu de coccolithe, et recoupe directement les schistes, qui présentent au contact une texture fortement cristalline. On retrouve également dans ces mines des filons horizontaux de roches granitiques postérieures aux gisements.

§ 5. *Gisement de Solberg.*

La route de Tvdestrand à l'usine de Naës nous offre, sur une grande étendue, une coupe des roches qui composent le sol. Ce sont, outre les schistes amphiboliques et les quartzites rougeâtres mentionnés jusqu'ici, du gneiss gris avec de la dichroïte et du graphite, enfin du quartz blanc avec du grenat. Toutes ces couches sont, comme d'habitude, recoupées par des filons de pegmatite et de syénite.

La mine de Solberg se trouve sur le versant oriental de la montagne de Solberg, très-abrupte en cet endroit, tout

près de l'usine de Naes et au-dessus du coude formé par la rivière Storelv.

Les couches ont presque la direction N.-S., et sont sensiblement verticales, avec un léger prolongement vers l'est. Le long du Storelv, on peut constater quatre recoupements des schistes par des filons de pegmatite.

La roche qui constitue la montagne de Solberg se compose de feldspath, de quartz et de magnétite en parcelles très-fines, dont la distribution en zones sensiblement parallèles donne à l'ensemble l'aspect extérieur du gneiss granite.

Cette roche, doublement intéressante par sa composition lithologique et sa richesse métallique, mérite à tous égards de porter un nom spécial, car on la trouve, non-seulement à Solberg même, mais presque sans interruption jusqu'aux mines de Lyngrot. Nous lui donnerons, pour ne pas nous écarter de la nomenclature reçue, le nom de *Jern-Granitel* (Roche granitoïde ferrifère).

Les principales mines de ce gisement sont : Lyngrot, tout près de la ferme de ce nom ; Fjeld, près du lac Fjeldvand, un quart de mille à l'ouest de Lamboe ; Styggedal, près du lac de Jorstad, et Kjörslekjern, près du lac d'Heiré, situées toutes dans le Jern-Granitel ou dans les schistes au contact de ce dernier ; Skarpnorden-Skjaerp, dans un vaste filon granitique, voisin (comme son nom l'indique) de la limite septentrionale du Granitel ; Baaseland et Korsgang, près de Holt, tous deux dans les schistes au contact de la roche granitoïde ; enfin, Marie, Skafsaasdal, Solberg, Brekke (tout près de Lyngrot), Jorstad, Saumyr, Rigeholt et Aanebo, situées toutes dans le Granitel même et en général près de son contact avec les schistes.

Toutes ces mines sont caractérisées par la présence de la magnétite en petits cristaux, tantôt pure, tantôt mélangée avec des minéraux provenant des roches encaissantes.

A Solberg même, le gisement est représenté par deux filons de magnétite pure, entièrement dépourvue de gangue.

Ces filons, activement exploités tous deux, se ramifient irrégulièrement dans toutes les directions et forment des veines dont l'épaisseur varie, généralement sans transition, de quelques centimètres à plusieurs mètres, si bien que l'image la plus frappante que l'on puisse en donner est celle d'un cep de vigne chargé de grappes. On observe dans la mine même, à 6 mètres au-dessous de la galerie principale, le recoupement du gisement par un filon de syénite zirkonienne renfermant beaucoup de magnétite, circonstance qui se reproduit encore en plusieurs autres points des environs. A 24 mètres au-dessous du sol, le gisement est recoupé par un filon trappéen de plus d'un mètre de puissance, qui présente une grande analogie avec les diorites (Grönsten) de la vallée de Christiania.

Les autres mines dont nous avons parlé présentent des circonstances à peu près analogues. Leur richesse dépend de la puissance des grappes suivant lesquelles s'est ramassé le minerai. Elle est par conséquent très-variable, et les exploitations sont moins régulières que sur les autres gisements. Le minerai est phosphoreux à Lyngrot, pur à Solberg, et la seule règle pratique pour sa recherche est l'étude du Jern-Granitel et surtout celle de son contact avec les schistes cristallins.

§ 6. *Gisement d'Aamholt.*

Ce gisement, isolé des précédents et ayant une longueur de 200 mètres environ seulement, se trouve près de la ferme d'Aamholt et se compose de deux filons métallifères voisins l'un de l'autre; ces filons recoupent des schistes amphiboliques renfermant quelquefois des veines d'épidote, et même, à Kalvehagen, du grenat. Le minerai est de la magnétite grenue, sans autre gangue que quelques traces d'apatite et de pyrite. Outre ces deux filons principaux, on trouve également du minerai intimement

lié à un granite rubané à grains très-fins et présentant une grande analogie avec le *Jern Granitel*. Aussi est-il possible que ce gisement tout entier ne soit que la continuation du précédent, mais les études faites jusqu'à ce jour ne permettent pas de l'affirmer. On y retrouve d'ailleurs des filons minces et verticaux de syénite.

§ 7. *Gisement de Langoe-Gomoe.*

Entre Krageroe et Langesund, le terrain, autrefois désigné sous le nom de Gneiss, se compose, comme on sait aujourd'hui, de couches azoïques, c'est-à-dire de quartzites, de micaschites et de schistes amphiboliques. Une suite de coupes naturelles d'une grande netteté permettent d'observer, aux environs de Kragerö, l'allure de cette série d'assises qui constituent une formation régulière, faiblement ondulée en grand, dont la direction et les plongements s'accordent avec ceux de l'ensemble du terrain schisteux. Ces assises sont recoupées par de nombreux filons granitiques, appartenant en grande majorité aux Syénites et aux pegmatites dont nous avons parlé tant de fois déjà (*fig.* 7).

Quand on va par mer de Krageroe à Gomoe, on voit, sur les flancs abruptes du mont Valeberg qui forme la côte à l'E. de la ville, un des profils étagés dont nous venons de parler, et qui présente la superposition suivante, en commençant par le bas : une puissante formation de quartzite; par-dessus, un schiste micacé très-pur, enfin tout en haut des schistes amphiboliques verts d'une grande épaisseur. Au sommet de la colline, on voit un dôme de Gabbro grenu du plus beau type.

Le quartzite qui est la base de ce système, peut se poursuivre à travers les îles de Bortoe et Baeroe jusqu'à la côte occidentale de Langoe et Gomoe, où il se replie en formant une courbe circulaire presque fermée. A l'intérieur de cette courbe on retrouve les schistes amphiboliques de Valeberg.

Sous plusieurs rapports et en plusieurs points, la succes-

sion des étages de Langoe et de Gomoe peut être assimilée à celle de Krageroe ; car au milieu du quartzite et du schiste amphibolique de ces îles on retrouve un micaschiste renfermant cette roche talqueuse particulière connue à Krageroe sous le nom spécial d'*aspasiolithe*. On y voit en outre deux grandes éruptions de gabbro, entièrement analogues à celles de Delingsaasen.

C'est au milieu du bassin profond et circulaire que forment les schistes cristallins, entre le quartzite et le Gabbro, que se trouvent les gisements métallifères sur lesquels sont installées les mines de Langoe et qui alimentent l'usine de Baerum.

La première chose que l'on remarque quand on cherche à représenter la coupe de ce système de schiste, le long du détroit de Langaare (Langaare Sund), est une série abondante de filons particuliers auxquels nous donnerons le nom de *filons carbonatés* et qui renferment de la dolomie ferrugineuse, du carbonate de chaux et de la felsite. Ces filons sont souvent recoupés ultérieurement par un véritable réseau de veines quartzeuses très-riches en minéraux cristallisés dont les principaux sont le quartz, l'albite blanche ou rouge, la magnétite (en octaèdres), le fer oligiste, le mica ferrugineux et la chlorite. En un seul point et accidentellement, on a trouvé de beaux cristaux de rutile et de béryl.

Ces filons, caractérisés au point de vue de leur allure par la présence d'une grande quantité de fragments de la roche encaissante, constituent une large zone qui s'étend depuis l'ouest de l'île de Gomoe jusqu'à l'est de celle de Langoe. On les retrouve également au centre de l'île de Langoe, formant une deuxième zone, qui s'éparpille en une foule de petits rameaux aux environs de Stocmyr. Enfin on en voit un troisième groupe à l'extrémité orientale de Gomoe. On observe en outre des filons carbonatés non ferrifères, recoupant le gabbro à l'ouest du détroit qui sépare les deux îles de Gomoe et de Langoe.

Les éruptions non métallifères qui accompagnent ce gisement, ou qui se trouvent dans son voisinage, sont, outre les filons habituels de pegmatite :

1° Une Syénite, très-riche en feldspath blanc avec un peu de quartz et d'amphibole, qui est recoupée par les filons carbonatés à l'extrémité orientale de Langoe;

2° Les filons d'amphibolite qui sont formés essentiellement d'amphibole radiée, à laquelle viennent se mêler, à Krageroe, l'apatite et le rutile, et qui renferment quelquefois un peu d'épidote et de mica magnésien;

3° Un granite clair à grains fins, avec cristaux accidentels de magnétite et de pyrite, qui s'étend de Braaten à Bakkemy;

4° Enfin quelques filons de Diorite (Grœnsten) dirigés sensiblement du nord au sud; l'un d'eux passe devant l'ouverture de la galerie principale, un autre, parallèle au premier, va de Hellersoe à Langoe.

Les éruptions métallifères ne sont pas moins importantes, et constituent plusieurs zones, toutes activement exploitées. La première, au milieu de Langœ, comprend les mines de Bjoernaas, Myrskjaerp, Christine, Halvors, Fru-Anker, Neues-Gluck, Kaas, Oldermand, Grev-Wedel, Grevinde-Wedel, Store-Kaja, Caroline-Wedel, Nord-Gang et Kapmpenhaug. La seconde occupe les hauteurs de Hœimyraas; la troisième se trouve sur la côte occidentale de Gomoe et s'étend jusqu'à Kjoerebund dans l'île de Langoe. Enfin les deux mines de Kaasefjeld et Pierre-Anker se trouvent isolées et ne se rattachent à aucune des zones précédentes.

Le minerai de la première zone est un mélange de magnétite et d'un peu de fer oligiste, ayant pour gangue de l'amphibole et des minéraux carbonatés.

Les ouvriers y distinguent dans l'exploitation deux bandes, l'une septentrionale (Nordrand) caractérisée par sa grande tenacité et son mélange avec l'amphibole, l'autre méridionale (Sydrand), présentant au contraire une grande

friabilité et se décomposant, lors de l'abatage, en gangue calcaire et en particules ferrugineuses. Cette circonstance tient à ce que la grande zone métallifère est par sa partie méridionale (son toit) en contact avec les filons carbonatés, tandis qu'au nord (au mur) elle s'appuie sur des roches amphiboliques, et qu'il s'est opéré une espèce de mélange des minerais et des deux roches encaissantes. A Store-Kaja, on trouve, outre les minerais déjà nommés, de la serpentine verte imprégnée de magnétite et de pyrite en octaèdres plus ou moins modifiés.

Les mines d'Hœimyraas, constituant la seconde zone, se trouvent au milieu de schistes amphiboliques, qui tantôt ont leur allure normale, tantôt sont recoupés et divisés par une quantité innombrable de petites veinules. Le minerai y est encore un mélange de magnétite et de fer oligiste avec la différence qu'il est quartzeux et non calcaire, circonstance qui tient, comme nous l'avons vu, à l'absence du voisinage des filons carbonatés.

La mine de Pierre-Anker se trouve un peu à l'ouest de la précédente. Elle a peu d'importance en elle-même, et n'est remarquable qu'à cause de la nature de son minerai (qui est du fer oligiste) et de ses beaux cristaux d'albite. On y a également trouvé des rognons d'apatite.

Tout le haut plateau de Kaas-fjeld est formé par une roche amphibolique amorphe, et le gisement métallifère qui s'y trouve est composé essentiellement de magnétite et de calcite en petites veines mélangés à du fer oligiste, de l'albite, de l'épidote, du cuivre pyriteux et panaché et sans doute aussi à un peu de nickel.

La mine de Knude à Gomœ se trouve dans des circonstances à peu près analogues. Le schiste amphibolique a été transformé au contact du Gabbro en une roche compacte identique à celle de Kaas. Le minerai accompagne les filons carbonatés et l'on y trouve du rutile et de l'épidote.

En résumé, l'on voit que tous les gisements du groupe

de Langœ et Gomœ sont reliés intimement aux filons carbonatés, à l'intérieur ou dans le voisinage desquels ils sont à peu exclusivement concentrés. La plupart des minéraux accidentels du Kaas-fjeld se rattachent nettement à ces filons, et si, dans les mines de Hœimyraas, l'on n'aperçoit pas cette liaison à la surface du sol, elle se constate en profondeur et sur le prolongement des gisements près du détroit de Langaare-Sund.

L'âge relatif des différentes roches dont nous venons de parler est donné par le tableau suivant, en commençant par les plus anciennes.

A. *Terrains sédimentaires.*

1° Quartzite.
2° Schiste micacé.
3° Schiste amphibolique.

B. *Roches éruptives.*

1° Gabbro.
2° Pegmatite et syénite.
3° Filons carbonatés et minerais de fer.

CHAPITRE II.

ORIGINE ET CLASSEMENT SYSTÉMATIQUE DES GISEMENTS PRÉCÉDENTS.

§ I. *Roches stratifiées.*

Pour faciliter l'aperçu général des résultats de cette étude, nous donnons (Pl. V, *fig.* 1) une carte de la côte entre Langesund et Lillesand, c'est-à-dire de tout le terrain des schistes cristallins.

Les limites naturelles de ce terrain sont : au nord-est la formation silurienne qui le recouvre près du détroit de Lange-Sund ; au sud-ouest, le granite rose qui le recoupe à Grimstad ; dans l'intérieur des terres, la grande éruption du granite et du gneiss-granite ; enfin du quatrième côté la mer du Nord.

C'est dans ce terrain nettement défini que se trouvent

presque tous les gisements de fer exploités de Norwége.

Les roches sédimentaires qui le composent peuvent se partager en quatre groupes principaux :

1° Des quartzites roses ou gris avec feldspath ;

2° Des schistes micacés ;

3° Du gneiss gris, renfermant tantôt du graphite (graphit-gneiss), tantôt de la dichroïte (dichroït-gneiss) ;

4° Des schistes amphiboliques, les uns fortement cristallins et purs, les autres riches en feldspath et formant de véritables gneiss amphiboliques.

Toutes ces couches sont, en grand, parallèles à la côte et en général redressées presque verticalement. Ce n'est qu'en des points isolés comme à Krageroe, par exemple, que l'on peut constater une disposition ondulée et par suite des parties horizontales formant le fond des bassins.

§ II. *Roches éruptives.*

A. *Granite et gneiss-granite.* — Les grands plateaux de gneiss-granite qui forment la limite nord-ouest de ce terrain n'ont pas encore été l'objet d'une étude complète. Nous avons pu constater que, tout le long de leurs limites, les schistes s'appuyaient sur eux, adoptant leurs contours et leurs plongements. Ce n'est qu'en se rapprochant de la côte que l'on voit en quelques points isolés des plongements inverses, tantôt vers le nord-est, tantôt vers le sud-ouest.

De même que le grand plateau granitique exerce une influence prédominante sur la forme générale des schistes cristallins, de même l'apparition du gneiss-granite en filons isolés, comme cela a lieu sur les presqu'îles (Halvoe) comprises entre Risoe et Krageroe, et plus loin entre le lac Tokevand et la Kiilsfjord, produisent dans l'allure de ces schistes, des perturbations locales très-puissantes.

Indépendamment de ces filons et du grand plateau de gneiss-granite, on observe, tout près de la côte, une deuxième ligne d'éruption granitique, qui s'étend de Kra-

geroe à Tromoe. Enfin, entre ces deux éruptions il y en a une troisième moins puissante, le Jern-Granitel, caractérisé par sa composition lithologique spéciale et sa richesse particulière en magnétite

On voit donc que la structure d'ensemble de tout ce terrain schisteux ne permet pas de le considérer comme formé d'une série de couches simplement superposées et plongeant vers le sud-est. Elle conduit au contraire naturellement à l'hypothèse d'une compression violente, qui aurait replié un grand nombre de fois une formation sédimentaire d'une épaisseur beaucoup moindre, dont les fragments redressés et juxtaposés affectent aujourd'hui un plongement général vers le sud-est (*fig.* 8).

Le gneiss-granite et le granite pur, qui encadrent le terrain schisteux au nord-ouest, sont ceux dont la nature et les limites au nord et à l'est ont été indiqués dans les ouvrages de MM. Kjerulf et T. Dahll sur « Le district métallifère, de Kongsberg » et « la Géologie du Thélémark » (*). Quand on compare l'immense développement de ce terrain éruptif au peu d'étendue du système schisteux auquel il a donné sa forme actuelle, et dont les différentes couches ont pris chacune le degré de cristallinité dont elle était susceptible, on voit que ces schistes ne forment, en réalité, qu'une bande d'épaisseur très-faible, dont la compression, la fracture et les redressements n'ont rien qui doive étonner.

B. *Granite de Grimstad.* — Le granite rouge de Grimstad présente un facies différent et une origine beaucoup plus moderne, car il n'exerce plus aucune influence sensible sur les schistes qu'il traverse, et qui étaient déjà redressés à l'époque de son éruption. C'est peut-être le plus beau de tous les granites de Norwége, et il a pour composition normale : de l'orthose rouge en grande abondance, du quartz laiteux et

(*) *Revue de géologie*, tome III, pages 156, 345, et tome I, pages 112 à 116.

un peu de mica. Sa structure et son aspect grenu offrent la plus grande analogie avec ceux du granite qui recoupe les terrains siluriens et dévoniens dans le Hurumland, au nord de Christiania.

C. Gabbro. — Le *Gabbro* forme une série de dômes (ou ballons) en général isolés. Le plus beau type de cette roche se rencontre près du lac de Sœnle-Vand, où elle est grenue et renferme des cristaux volumineux de labrador et d'augite. Elle forme au sud de Valeberg, près de Krageroe, les grands dômes des Tromlingerne ; on la retrouve à Langœ, Gomœ, Risoe, Soendeloev, Gjerrestad, Bamble, etc., enfin elle forme un grand haut plateau dans le Torrisdal.

§ III. *Filons et Dykes.*

A côté de ces grandes éruptions, qui ont donné naissance à des chaînes de montagnes et à des plateaux entiers, on en constate d'autres affectant la forme de filons. Les plus importants d'entre eux sont les filons de granite, d'amphibolite, de porphyre pyroxénique et de porphyre micacé.

A. Filons granitiques. — Les filons granitiques forment trois groupes de natures différentes : les pegmatites, les granites à tourmalines (Oligoclas-Granit) et les Syénites (Hornblende-Granit).

Les filons de *pegmatite* sont en général à très-gros grains ; l'orthose rouge, l'oligoclase verdâtre, le quartz blanc ou vitreux et le mica magnésien foncé en plaques d'un mètre et au delà du diamètre, y sont irrégulièrement mélangés. Dans plusieurs d'entre eux, ces divers éléments sont d'une dimension suffisante pour être exploités séparément : le feldspath pour les fabriques de porcelaine et le quartz pour les verreries.

C'est dans les chantiers d'exploitation installés sur ces roches que l'on trouve une foule de minéraux rares, tels que l'orthite en gros cristaux, l'euxénite, l'albite, la thyrite, l'yttrotitanite, la magnétite cristallisée, l'apatite verte,

la muscovite (mica) en tables hexagonales avec stries rayonnées, enfin de la chaux carbonatée en scalénoèdres.

Les principales exploitations sont celles de Mœrefjaer, Helle, Buoe, Garta, Narestoe, Alve, Lofstad, Askeroe, Sandoe.

Les filons de pegmatite qui les constituent, étant en général presque horizontaux, offrent tous au toit une petite bande composée de fragments verticaux des schistes redressés, et formant comme une voûte au-dessus de la partie exploitée. Au contact de ces schistes, la pegmatite devient souvent graphique.

Le granite à tourmalines forme des filons presque entièrement blancs composés d'oligoclase ou d'un autre feldspath blanc, de quartz, de mica (blanc ou noir) et contenant comme minéraux accidentels de la tourmaline, de l'orthite, de l'apatite verte et blanche, du sulfure de molybdène et de la pyrite magnétique. Ils sont fréquents près de Krageroe et de Grimstadt.

La syénite forme des filons dont la composition type est de l'orthose rouge, de l'amphibole noire en grands cristaux, un peu de quartz et quelquefois de l'oligoclase.

Les minéraux accidentels sont : le zirkon, le sphène, l'orthite et la pyrite.

Ces filons, très-abondants dans le terrain qui nous occupe, ont toutes les directions et toutes les inclinaisons, recoupent aussi bien les schistes que les gisements métallifères, et ne peuvent donc pas plus être considérés comme des produits de sécrétion de ces derniers, que l'on ne peut regarder les filons de pegmatite comme sécrétés par le gneiss. On les retrouve dans presque toutes les mines dont nous avons parlé, et principalement à Thorbjœrnsbo.

B. *Filons d'amphibolite.* — Les filons d'*amphibolite*, que l'on rencontre surtout à Krageroe, où ils recoupent les précédents, peuvent être mis en parallèle avec les filons de pegmatite ou plutôt de syénite à gros grains. Le rôle du

feldspath dans ces derniers a en effet son équivalent dans celui de l'apatite, qui se trouve en grande abondance dans les amphibolites, et y est même exploité pour engrais. De plus, les deux roches présentent de grandes analogies de structure et de composition. La pegmatite syénitique est un mélange grenu d'orthose rouge et d'amphibole verte, avec des cristaux microscopiques d'apatite. L'amphibolite est une roche nettement cristallisée, à structure généralement rayonnée, et composée de grandes masses d'apatite, avec des portions d'amphibole radiée et d'asbeste; on y trouve en outre une foule de minéraux accidentels, tels que le rutile, le fer titané en gros cristaux, la magnétite, la wernérite et plus rarement la calcite, le quartz, la blende, le mica magnésien, la chalcopyrite et la pyrite magnétique.

Dans les exploitations de pegmatite de Buœ, Mœrefjaer, on voit des fragments verticaux de quartzite, de gneiss et de schistes amphiboliques former une voûte au-dessus des exploitations de feldspath et de quartz; de même dans la mine de Lykke à Krageroe, le schiste micacé forme un véritable toit au-dessus des filons d'apatite. Dans l'un et l'autre cas, cette couverture semble avoir provoqué une cristallisation plus lente et par suite plus complète et plus fortement accentuée (*).

Enfin, pour compléter l'analogie, dans les amphibolites, comme dans les pegmatites, les éléments constitutifs ont un développement qui les rend susceptibles d'être exploités séparément.

Les principaux filons d'amphibolite se trouvent à Bamble, Sœndelev, Gjerrestad, Vegaardsheien, Froland, Nissedal, Snarum.

C. *Filons de porphyre pyroxénique.* — Ces filons se trouvent dans le gisement de Naeskilen. En général ils présen-

(*) La mine de Bugge, près de Krageroe, possède un toit analogue, mais formé d'une syénite plus ancienne.

tent une grande analogie avec les couches encaissantes dont ils adoptent la stratification; mais on les trouve aussi recoupant les schistes et les gisements métallifères. La roche qui les constitue est foncée, tantôt avec une structure porphyroïde nettement accusée, tantôt, au contraire, amorphe et formée seulement d'augite compacte.

Les nombreux recoupements de toutes ces roches les unes par les autres, ont permis de constater l'âge relatif de la plupart d'entre elles. Elles sont toutes postérieures aux schistes cristallins et peuvent se grouper comme il suit, en mettant sur une même ligne horizontale celles que l'on n'a pas encore observées se recoupant entre elles et en commençant par les plus anciennes.

Gneiss-granite.		Granite.
	Gabbro.	
Syénite.		Pegmatite.
Amphibolite.		Porphyre pyroxénique.

§ IV. *Éruptions métallifères.*

Après ces observations générales sur les roches constitutives de la côte d'Arendal, il nous reste à examiner la nature et l'âge des éruptions métallifères.

Or, si nous nous reportons aux divers gisements que nous venons de décrire successivement, nous voyons qu'ils se divisent d'après leur nature en trois groupes distincts.

Dans le premier, de beaucoup le plus nombreux, et qui comprend les gisements de Naeskilen, Hvideberg, Tromö, Langsev-Thorbjœrnsbo, Klodeberg et Braastad, le minerai se trouve à l'état d'oxyde magnétique avec une gangue particulière qui, suivant les cas, peut être désignée sous le nom de *roche à grenats* (*Granatfels*) ou de *roche à pyroxène* (*Augitfels*).

Dans le second, qui correspond au gisement de Solberg,

le minerai, toujours à l'état de magnétite, n'a point de gangue proprement dite, et se présente, tantôt seul, tantôt avec une roche granitoïde que nous avons désignée sous le nom de *Jern-Granitel* (*granitelle ferrifère*).

Dans le troisième, enfin, représenté par les mines de Langœ et Gomœ, le minerai est un mélange de fer oxydulé et de fer oligiste, en relation plus ou moins directe avec une éruption puissante de filons carbonatés.

Nous allons étudier maintenant les caractères distinctifs de ces trois classes et préciser l'époque de leur formation.

A. *Premier groupe.* — Le premier groupe peut être nettement défini comme il suit :

La roche métallifère apparaît comme roche éruptive au centre d'un système de schistes sédimentaires azoïques, redressés et repliés circulairement autour d'elle. Elle a pour éléments constitutifs : le grenat (colophonite, mélanite), le pyroxène (augite et coccolithe), la calcite, le fer oxidulé en longues zones, et quelquefois l'épidote.

Le tout forme un mélange irrégulier et présente toutes les combinaisons possibles de ces quatre éléments entre eux, quatre à quatre, trois à trois et deux à deux ; on trouve même, comme cas particulier, chacun d'eux isolément. Quand c'est la magnétite qui domine dans le mélange, la roche devient un minerai et le filon un gisement métallifère exploitable.

En somme, on voit que la composition de la roche métallifère, quoique très-variable, est essentiellement *basique*, et l'on peut se rendre compte des variations de richesse qu'elle présente, en disant que chaque fois que la silice s'est trouvée en quantité suffisante pour en saturer les bases, il s'est formé du grenat et du pyroxène, tandis que quand elle a fait défaut, l'excès de base ferrugineuse a dû cristalliser à l'état d'oxyde magnétique.

Cette roche a pu être fondue, car le mélange qui la constitue, à quelque type qu'il appartienne, est toujours très-

fusible, et les minerais qu'elle fournit peuvent être traités au haut fourneau sans addition de fondants. Bien plus, quand le minerai est très-pur, ce sont les parties pauvres des mêmes filons qui lui sont ajoutés en guise de castine, et l'on reproduit ainsi artificiellement la composition normale du gisement.

La constitution lithologique de la *roche à grenats* était connue depuis longtemps; mais nous croyons avoir été les premiers à établir d'une manière décisive : qu'elle forme une roche spéciale nettement séparée des schistes cristallins qu'elle recoupe (Langsev, Thorbjœrnsbo), et avec lesquels elle ne présente aucune relation d'origine ou de composition; qu'elle a un caractère franchement éruptif, entièrement comparable à celui des roches trappéennes (Langenaes, Thorbjœrnsbo, Langsev, Kjenlid), et qu'on y trouve une foule de fragments (avec angles vifs) des roches encaissantes qu'elle recoupe.

Sa ligne de séparation d'avec les roches encaissantes est partout si distincte et si facile à constater, que nous ne comprenons même pas comment on a jamais pu parler d'une transition insensible entre elle et le gneiss, nom sous lequel on comprenait l'ensemble des schistes cristallins; la seule transition observable est celle des parties riches aux parties pauvres dans le gisement même ; mais, encore une fois, jamais celle de ce dernier aux roches encaissantes. Quant à la circonstance, que l'on peut regarder comme à peu près normale, du repliement des schistes autour des gisements métallifères, nous ne pensons pas qu'il faille y voir une conséquence de l'éruption de ces derniers ; il nous semble plus probable que ces gigantesques plissements doivent être attribués à une cause plus puissante, extérieure aux points spéciaux où ils se sont produits, et cette cause, nous la trouvons dans l'éruption du gneiss-granite.

Sans doute nous voyons dans la plupart des gisements métallifères de ce groupe que les schistes paraissent avoir

été écartés pour faire place à la roche à grenats, autour de laquelle ils se replient souvent presque circulairement, mais aucun des faits observés ne nous autorise à conclure que ces deux phénomènes, le plissement des couches et l'éruption de la roche métallifère, doivent être regardés, le premier comme l'effet, le second comme la cause, tandis que l'exiguïté relative de cette dernière nous permet, *à priori*, d'affirmer le contraire. Des bouleversements aussi considérables que ceux qui ont produit le plissement des schistes cristallins doivent avoir été la conséquence d'un grand phénomène géologique comme l'éruption du gneiss-granite, dont la position et l'allure expliquent pleinement le soulèvement, la compression et le repliement de la bande de roches cristallines qui la séparent de la mer.

La roche à grenats, dont l'apparition est postérieure à ces grands mouvements du sol, n'a fait que se frayer un passage à travers les points de moindre résistance, c'est-à-dire de préférence à travers les schistes amphiboliques, dans la direction même des lignes de rupture déjà formées, et n'a occasionné par son percement que des perturbations d'une importance très-secondaire dans le terrain déjà replié par le gneiss-granite.

La roche à grenats ainsi définie occupe un rang bien marqué dans la série des éruptions dont il a été question plus haut.

Elle est nettement recoupée par les filons de pegmatite, de syénite et de porphyre pyroxénique, et par conséquent plus ancienne que toutes ces roches. D'autre part, ce qui précède nous autorise à dire qu'elle n'a recoupé les schistes qu'après leur plissement, c'est-à-dire après la grande éruption du gneiss-granite et à laquelle elle est intimement liée.

En résumé, son âge relatif est donné par le tableau suivant :

1° Dépôt des schistes cristallins ;

2° Éruption du gneiss-granite, plissement des schistes ;

3° Éruption de la roche à grenats avec les minerais de fer qui l'accompagnent;

4° Éruption des autres filons (pegmatite, Syénite, amphibolite, porphyre pyroxénique) (*).

B. *Deuxième groupe.* — Le deuxième groupe a pour représentant le gisement de Solberg, et peut être caractérisé de la manière suivante :

Le fer oxydulé pur accompagne (comme produit de sécrétion et de sublimation) une roche spéciale à laquelle nous avons donné le nom de Jern-Granitel.

Cette roche, composée de feldspath, de quartz et de petits feuillets de fer oxydulé, peut être considérée comme une Syénite dans laquelle l'amphibole aurait été remplacée par des paillettes d'oxyde de fer. On peut donc, par analogie, conclure qu'elle est, comme la Syénite, d'origine éruptive, et qu'à l'époque de son apparition le fer se trouvait en si grand excès dans la masse, qu'il a, non-seulement imprégné la roche tout entière, mais encore rempli toutes les fissures qui s'étaient produites sur les bords ou dans l'intérieur du massif. Cette dernière conclusion est fondée sur les analogies d'allure qui existent entre le Jern-Granitel et les autres grands filons de la contrée. Nous voyons, en effet, la pegmatite envoyer dans les roches encaissantes des rameaux de quartz pur, l'amphibolite avoir pour représentants ou pour dérivés de petits filons d'apatite, et les filons carbonatés renfermer du minerai de fer entièrement dépourvu de gangue.

C. *Troisième groupe.* — Le troisième groupe est représenté par les gisements de Gomœ et Langœ, et peut être défini comme il suit :

(*) Les principales considérations qui ont servi à établir cette succession chronologique ont déjà été mentionnées dans le mémoire de *M. Durocher*, ingénieur des mines, sur les gisements métallifères de la Scandinavie (*Annales de mines*, 4e série, t. XV).

Un mélange de fer oligiste et de magnétite, sans gangue proprement dite, accompagne, comme produit de sécrétion ou de sublimation postérieure, des masses éruptives spéciales, caractérisées par le mélange d'un certain nombre de minéraux carbonatés.

Les minerais de fer ont été évidemment amenés par ces dernières, mais forment néanmoins des masses distinctes, à l'intérieur ou sur les bords des filons qui les renferment. D'ailleurs nous ne sommes pas en mesure de nous prononcer encore sur la nature spéciale de ces filons, ni surtout sur la manière dont s'est opéré l'isolement de la partie métallifère ; nous devons nous borner à dire qu'il a dû s'effectuer, pendant de longues périodes, une série de distillations et de sublimations à travers les fentes produites par l'éruption des roches carbonatées.

Tous ces phénomènes, d'ailleurs, sont postérieurs à la formation du gabbro.

En résumé donc, les formations qui constituent la côte d'Arendal, classées par rang d'âge en commençant par les plus anciennes, peuvent être représentées par le diagramme suivant :

Schistes cristallins.	Granite et gneiss-granite.
Gabbro.	Roche à grenats et magnétite.
Pegmatite, Syénite, Jern-Granitel.	Pegmatite, syénite.
Filons carbonatés et minerais de fer. Amphibolite et Apatite.	Porphyre pyroxénique.

Filons calcaires d'Arendal.

APPENDICE.

Liste des minéraux renfermés dans les formations d'Arendal de Langœ et de Kragerœ.

1° Dans *les schistes cristallins* : Biotite (verte et jaunâtre), dichroïte, épidote, grenat rouge.

2° Dans *le gneiss-granite* : grenat, magnétite (en dodécaèdres rhomboïdaux), orthite.

3° Dans *le gabbro* : augite, apatite, cuivre natif, diallage, fer titané, hypersthène, hornblende, labrador, pyrite magnétique.

4° Dans *les Fahlbandes* (schistes cristallins imprégnés de pyrites) : pyrite arsenicale, cuivreuse, panachée, cubique.

5° Dans *la roche à grenats* : apatite (moroxite), Biotite (verte), calcite, chalcopyrite, Chessylithe, épidote, grenat (colophonite, Essonite, mélanite), hornblende, magnétite, Ouralite (Thorbjœrnsbo), pyroxène (augite coccolithe), Wernérite.

5° (*bis*). Dans *la calcite mélangée à la roche métallifère* : analcime, améthyste, apophyllite, axinite, blende, cuivre gris (?), épidote, Heulandite, Prehnite, sphène (jaune et brun), stilbite, Wernérite.

6° Dans *la pegmatite* (granite à grandes parties) : alvite, améthyste, apatite, Biotite, blende, calcite (en scalénoèdres), épidote, euxénite, fer titané, grenat, magnétite, muscovite (radiée), malakon (Buœ), oligoclase, orthose (quartz rose laiteux, enfumé), orthite, tyrite, yttrotitanite.

7° Dans *la Syénite* : apatite (verte et jaune), Babingtonite, hornblende, magnétite, oligoclase, orthose, orthite, quartz, sphène (brun), zirkon.

8° Dans *les filons carbonatés* : albite, beryl, calcite, cristal de roche (quartz blanc), dolomie ferrugineuse, felsite, fer oligiste, magnétite, rutile.

9° Dans *les amphibolites de Kragerœ* : apatite (rose et

blanche), asbeste, amphibole, chalcopyrite, diopside, felsite, fer titané, magnétite, martite, pyrite magnétique, phlogopite (?), quartz, rutile, scapolithe, pierre ollaire.

10° Dans *les filons calcaires recoupant la roche métallifère* : apatite, argent natif, botryolithe, calcite, datholithe, fluorine, Heulandite, magnétite, Prehnite, pyrites (cuivreuse, magnétique et cubique), quartz, stilbite, tourmaline.

11° Dans *les couches d'aspasiolithe de Krageræ* : apatite, aspasiolithe, Biotite, dichroïte, fer titané, rutile, talc, tourmaline (*).

(*) A la fin du mémoire que l'on vient de lire, MM. Kjerulf et Dahl donnent un résumé des travaux publiés antérieurement sur le même sujet par MM. Jacob Aal (*Om Jernmalmlein*, Copenhague, 1806), J. L. Haussmann (*Reise durch Scandinavien*, 1806 à 1807.) G. Bischof (*Lehrbuch der Chem. Geologie*, II, 560 et suiv.), Scheerer (*Nyt. Mag. f. Naturvid*, IV, 128 et suiv.) Daubrée, Durocher (Mémoire sur les gisements de la Scandinavie, *Ann. min.*, IV[e] série, t. XV).

Nous ne reproduirons pas cette dernière partie, purement bibliographique, de leur travail, parce que les arguments par lesquels ils combattent les théories émises par ces divers auteurs, ne sont que la reproduction de ceux qui ont été développés dans le courant du mémoire.

Nous devons cependant mentionner l'hommage qu'ils rendent à M. Durocher, « qui le premier a jeté une lumière réelle sur les gisements de la côte d'Arendal, et dont le travail a seul pu servir de point de départ et de base à celui des auteurs. »

(*Note du traducteur.*)

COMMISSION

DES INVENTIONS ET RÈGLEMENTS CONCERNANT LES CHEMINS DE FER,

Instituée par arrêté ministériel du 28 juin 1864.

Extrait du procès-verbal de la séance du 26 mars 1866, à laquelle assistaient :

MM. COMBES, président; BUSCHE, DUPARC, THOYOT, DUFRESNE, COUCHE, DE FOURCY, HACHETTE, AUDIBERT; E. COLLIGNON, secrétaire.

(MM. Hanet-Cléry et Duchanoy, ingénieurs des mines, attachés au contrôle, assistent à la séance.)

M. Duchanoy lit au nom d'une sous-commission composée de MM. Duparc, Couche et Sauvage, le rapport suivant sur le frein à air comprimé du sieur de Bergue :

« On se sert pour arrêter les trains en marche de deux moyens : sur l'ordre donné par le sifflet de la locomotive, les conducteurs répartis sur la longueur du convoi, serrent les freins qui, par leur frottement contre les jantes des roues, arrêtent leur mouvement et diminuent, par suite, l'impulsion générale. Si le mécanicien reconnaît qu'il y a nécessité d'arrêter plus vite que ne le permet l'emploi des freins, il bat contre vapeur.

« L'usage des freins qui existent en divers points du train est sujet à beaucoup d'inconvénients. Les conducteurs chargés de les manœuvrer ne prêtent pas toujours une attention suffisante aux signaux des mécaniciens, si même ils ne s'endorment pas dans leurs guérites. Les ordres transmis par le sifflet ne sont pas toujours exécutés assez rapidement. Le frein du tender, dont le mécanicien peut toujours disposer, est tout à fait insuffisant. Il serait cer-

tainement très-utile que l'agent chargé de la conduite de la locomotive eût entre les mains un moyen complet d'arrêter le train, comme il a celui de le mettre en mouvement. Le procédé qui consiste à battre contre vapeur ne peut être regardé comme utile que dans les cas où il convient de faire usage de tout ce dont on dispose pour ralentir la marche; car il a de nombreux inconvénients. En premier lieu, dans presque toutes les machines, on oppose brusquement à la marche, de la vapeur à la pression même de la chaudière et sans pouvoir convenablement modifier la force que l'on fait agir contre les pistons. Le mécanisme de la machine reçoit, par suite, des chocs qui le détériorent. L'air aspiré, venant de la cheminée par le tuyau d'émission, entraîne des parcelles de charbon qui rayent les cylindres et rendent les alésages plus souvent nécessaires. Cet air est ensuite renvoyé dans la chaudière et, par sa dilatation, fait rapidement monter la pression.

« Le mécanicien est donc, quant à présent, dépourvu d'un moyen usuel et pratique d'arrêter le train qu'il conduit sans l'assistance des gardes-freins. L'invention de M. de Bergue tend à combler cette lacune. Cet industriel, abandonnant l'ordre d'idées suivi jusqu'à ce jour, et qui consiste à trouver un organe spécial et distinct produisant l'arrêt, a cherché à se servir du mécanisme même de la locomotive pour parvenir à ce résultat.

« S'inspirant de la contre-vapeur, il a tâché de trouver un appareil dont le mécanisme puisse augmenter ou diminuer l'énergie et dont il lui soit loisible de se servir constamment et à chaque arrêt du train.

« Voici le procédé ingénieux que M. de Bergue a employé pour obtenir ce résultat (Pl. VI, *fig.* 1, 2, 3, 4) :

« Le tiroir fermant le régulateur, et qui sert à l'introduction de la vapeur dans les pistons, est modifié de manière que lorsqu'on le ferme, c'est-à-dire que l'on empêche la vapeur de se rendre dans les cylindres, ceux-ci se trou-

vent mis en communication avec un tuyau qui aboutit dans un récipient spécial que l'on dispose sur la locomotive comme le dôme de prise de vapeur ; ce récipient a deux orifices : l'un est fermé par une soupape réglée de manière que l'air qui y est lancé, comme nous le dirons plus loin, ne puisse y être comprimé au delà d'une certaine limite; l'autre communique avec une petite cheminée spéciale : celle-ci peut être fermée ou ouverte au moyen d'un robinet que le mécanicien manœuvre à volonté. Cet agent dispose en même temps d'une autre tige qui lui permet de clore le tuyau ordinaire d'émission de la vapeur dans la cheminée, et de le faire aboutir à une ouverture spéciale disposée à l'extérieur.

« Quand on veut se servir de l'appareil de M. de Bergue, on ferme d'abord le régulateur et l'on établit par suite la communication des pistons avec le réservoir spécial. On ouvre ensuite la prise d'air extérieure, puis on renverse les tiroirs des pistons comme si l'on voulait changer la marche. Le mouvement continuant par l'effet de l'impulsion, les pistons aspirent l'air extérieur, puis le refoulent dans le réservoir spécial où il se rend par le tuyau d'admission de la vapeur et le régulateur. Si l'on ferme alors le robinet qui fait communiquer le réservoir spécial avec la petite cheminée, l'air se trouve comprimé par les pistons dans le réservoir, et sa compression peut arriver jusqu'à la limite réglée par la charge de la soupape dont ce réservoir est pourvu. Cet air comprimé tend à s'opposer de plus en plus à la marche des pistons et à arrêter par suite le mouvement de la locomotive. Le mécanicien, pouvant à volonté laisser échapper du réservoir une partie de l'air comprimé, modère suivant les circonstances la force qui tend à arrêter la locomotive et la règle à son gré. La charge de la soupape est déterminée de manière que les roues ne puissent jamais patiner et par suite se détériorer. Pour éviter le grippage des pistons, on a établi

un tuyau spécial qui permet d'envoyer dans les cylindres une petite quantité de vapeur et de les maintenir à une température convenable.

« Les mécaniciens ont tout de suite trouvé dans cet appareil un moyen commode de faire opérer à leurs locomotives des mouvements très-peu étendus, comme ceux qui sont nécessaires pour venir s'accrocher à un train, pour se rendre sur les plaques tournantes et les quitter; comme il leur est bien plus facile, grâce à la faible section de ce tuyau, de n'envoyer au piston que la quantité de vapeur juste nécessaire, ils l'ont utilisée immédiatement dans ce but.

« Dans le système de M. de Bergue, le mécanicien peut donc obtenir les mêmes résultats que s'il battait contre vapeur, mais dans des conditions plus avantageuses. En effet, il n'a plus, pour s'opposer à la marche des pistons, une force fixe, invariable et brusque; celle dont il peut se servir peut être réglée à sa volonté et suivant les besoins. Il peut arriver à lui donner généralement une bien plus grande énergie puisqu'il lui est possible de la pousser jusqu'à ce que les roues patinent, quelle que soit la tension de la vapeur dans la chaudière.

« L'emploi d'une force progressive ne saurait avoir aucune action nuisible sur le mécanisme, et les cylindres, où l'on n'introduit pas d'escarbilles, sont conservés dans un état de poli parfait.

« Ce système a été établi sur une machine qui remorque les trains sur la rampe du Pecq à Saint-Germain qui est la plus forte que l'on ait en France, puisqu'elle atteint $0^{m},035$ et que, dans l'origine, on n'avait pas cru pouvoir la faire gravir par des locomotives ordinaires. La machine n° 11, qui en est pourvue, a fait depuis plusieurs mois un service double de celui qu'on leur demande d'ordinaire; elle marche une semaine sur deux au lieu de huit jours par mois.

« La sous-commission a pu constater que le procédé de M. de Bergue remplissait toutes les conditions qu'on peut demander à un appareil de ce genre. La vitesse du train peut, sans l'emploi d'aucun des autres freins, être ralentie et complétement détruite sans secousse et très-rapidement. Sur cette machine la compression de l'air s'accroît d'une atmosphère et demie par tour de roue et peut être portée jusqu'à huit atmosphères. Quand on n'a plus besoin de l'air comprimé, on le laisse échapper progressivement de manière à ne produire aucun sifflement de nature à effrayer les voyageurs. Cette invention paraît mériter une sérieuse attention, car il y a certainement un très-grand avantage à donner au mécanicien le moyen d'arrêter toujours, et sans inconvénient, le train qu'il conduit. Les accidents si nombreux qui arrivent par la faute et la négligence des gardes-freins pourraient ainsi être évités.

« Ce système peut, du reste, être introduit sur toutes les locomotives, sauf des modifications de détail, et sans importance quant au fond.

« Le frein de M. de Bergue ne pouvant être employé que sur un train déjà en marche et ayant une certaine vitesse, ne saurait dispenser les compagnies des autres freins, car ceux-ci sont nécessaires dans beaucoup de manœuvres et dans les ruptures de convoi; mais leur emploi deviendrait très-limité et pour ainsi dire accidentel si toutes les locomotives étaient pourvues du système de M. de Bergue, et si celui-ci réalisait, comme il y a tout lieu de le penser, les espérances qu'il fait concevoir. Cet inventeur cherche, du reste, à y apporter diverses améliorations. Les plus nécessaires seraient de trouver une nouvelle disposition pour la prise d'air. Elle forme, en ce moment, un obstacle dans la cheminée et nuit au tirage de la locomotive. La disposition du tiroir du régulateur et les moyens de le mettre en mouvement paraissent aussi susceptibles de cer-

taines améliorations, qui rendent sa construction et sa manœuvre plus simples.

« La sous-commission est donc d'avis qu'il y a lieu de recommander aux compagnies l'étude de cette invention qui tend à rendre les mécaniciens plus maîtres des trains qu'ils conduisent. »

La commission a adopté les conclusions de ce rapport.

NOTE.

SUR LA CHAUDIÈRE FUMIVORE DE M. DELAGE JEUNE, D'ANGOULÊME.

Par M. Ernest POLONCEAU, ancien élève externe de l'École des mines.

Les chaudières chauffées à la houille présentent le grave inconvénient de produire une fumée abondante.

Le système fumivore de M. Delage remédie complétement à cet inconvénient.

Sa chaudière est à 3 bouilleurs; elle est affectée à une machine de 10 chevaux.

M. Delage n'emploie que du charbon d'Aubin (Aveyron), et plus souvent des menus provenant de l'entrepôt des charbons d'Aubin à Angoulême.

Le principe de son système est de brûler les gaz qui s'échappent des foyers des chaudières en faisant arriver et mélangeant dans une chambre spéciale, surchauffée, des gaz chauds et des gaz froids.

Dans les foyers ordinaires, la combustion des charbons demi-gras et maigres est presque complète parce que ces charbons ne dégagent que petit à petit les gaz combustibles, tandis qu'avec des charbons gras et fuligineux une grande partie du calorique s'échappe très-rapidement à l'état de gaz non brûlés, et par suite la combustion est incomplète.

La quantité d'air admise dans les foyers est en général plus que suffisante, et les gaz s'échappent incomplétement brûlés, parce qu'ils sont à une température trop basse, ou parce qu'il y a excès d'air.

Le mélange des gaz et de l'air est une condition de combustion complète, mais ce n'est pas la seule. Aussi 1° il

importe de faire passer les gaz sur des corps dont les surfaces, en s'échauffant, leur communiquent à leur arrivée un excès de chaleur qui les dispose à la combustion ; 2° de donner aux canaux réchauffeurs une capacité relative à la quantité de gaz à laquelle ils doivent donner passage, car s'ils sont trop foulés, ils ne brûleront pas convenablement.

Pour obtenir ces divers effets, M. Delage a deux grilles B, B' (Pl. VII, *fig.* 1 à 5) de $1^m,20$ de long sur $0^m,40$ de largeur, placées à la même hauteur et du même côté, qui reçoivent alternativement le combustible. Au-dessus se trouvent deux bouilleurs A, A' de 2 mètres de long et $0^m,40$ de diamètre; les flammes et les gaz contournent les bouilleurs A, A', débouchent par six carneaux F, F' (*fig.* 2 et 5) de chaque côté dans la chambre de combustion G, à des températures différentes, et viennent se brûler à leur contact mutuel.

Ainsi, par exemple, au moment où l'on charge la grille A' les gaz qui se dégagent du combustible rencontrent dans la chambre à combustions G les gaz chauds de la grille A, s'enflamment immédiatement, chauffent le troisième bouilleur C, de 4 mètres de long et $0^m,50$ de diamètre et se rendent par les carneaux H, K et K' (*fig.* 1, 2 et 4) à la cheminée, sans produire de fumée.

Il n'y a aucune prise d'air spéciale; cependant en face de la chambre G, il y a une porte *r* (*fig.* 4) qui permet de suivre les diverses phases de la combustion des gaz. Une certaine quantité d'air s'introduit par cette porte qui ne ferme pas hermétiquement, ainsi que par les joints dégarnis des briques.

Le feu est conduit de la manière suivante : on charge les foyers seulement quand la pression baisse (le manomètre est pour le chauffeur le régulateur de son feu) et par petites quantités à la fois.

Avant de recharger le foyer B, le chauffeur passe un ringard par une petite ouverture pratiquée dans la porte du foyer B et ringarde le combustible de manière à briser les morceaux

agglomérés et les mâchefers ; ce ringardage active le dégagement des gaz qui viennent par le canal E et les carneaux F se mêler dans la chambre G, aux gaz qui arrivent par les carneaux F'; quand les gaz enflammés disparaissent du côté des carneaux F, le chauffeur ouvre la porte du foyer B, repousse avec sa pelle le charbon sur l'avant et place sur l'arrière la quantité de charbon nécessaire.

Au moment même où le chargement se fait, les gaz s'enflamment avec une petite explosion dans la chambre G. Après un certain temps le chauffeur passe au foyer B' et fait exactement le même travail.

Le charbon sur la grille est maintenu à une hauteur de 20 à 25 centimètres; les bouilleurs inférieurs sont à $0^{m},36$ des grilles.

La dépense en charbon d'Aubin tout-venant est de 425 kilog. par 12 heures (d'après M. Delage), soit $3^{k},54$ par heure et par cheval.

D'après un procès-verbal du 22 août 1864 de M. Ponsardin, garde mines, la pression dans la chaudière étant de 5 atmosphères 1/2, le niveau de l'eau dans la chaudière de 10 centimètres, l'eau d'alimentation à 16°, la quantité d'eau vaporisée par kilogramme de charbon a été de $7^{lit},50$.

En marche, cet appareil est complétement fumivore; rarement voit-on, lorsque le chauffeur repousse le charbon sur l'avant et lorsqu'il charge, une légère bouffée complétement insignifiante.

Je n'ai pu voir l'allumage; il est évident que pendant cette période l'appareil n'est pas fumivore, mais seulement au commencement, et je crois qu'on peut diminuer beaucoup la fumée produite en chargeant alternativement très-fréquemment les deux foyers de petites quantités de charbon.

La manière dont les bouilleurs A, A' sont chauffés aurait pu faire craindre pour leur conservation. M. Delage m'a

certifié qu'il marche depuis trois ans avec les mêmes bouilleurs, et j'ai pu constater qu'ils sont encore en bon état.

En résumé, l'appareil de M. Delage est suffisamment fumivore puisqu'il l'est complétement en marche. Il est peu coûteux puisqu'il consiste seulement en une disposition spéciale des canaux pour la circulation des gaz.

Il demande peu d'intelligence de la part du chauffeur.

Comme poids, sa chaudière est semblable à très-peu près, à une chaudière à deux bouilleurs de 4 mètres de long.

Comme économie sur le combustible, cette disposition semble avantageuse, car toute la chaleur développée par l'inflammation des gaz dans la chambre G serait perdue dans un foyer ordinaire.

Les dimensions des canaux E, celles de la chambre G, celles des canaux F, celles de la grille, surtout la largeur, varieront suivant la nature des combustibles employés. Plus le charbon sera gras et fuligineux, plus la grille devra être longue; plus le charbon sera à longue flamme, plus les bouilleurs A, A' devront avoir un grand diamètre de manière à ne faire arriver que l'extrémité de la flamme dans la chambre G.

Plus le charbon sera fuligineux, plus les canaux E devront avoir une section considérable.

Modifications à apporter à l'appareil Delage pour augmenter sa fumivorité.

Le mélange des gaz est une chose trop importante en fait de fumivorité pour qu'on ne cherche pas à l'obtenir le plus possible; ensuite pour augmenter la fumivorité il est très-nécessaire de faire passer les gaz sur une surface ou dans une chambre très-surchauffée, et pour cela il faut en diminuer autant que possible la section.

D'après ces considérations, je crois que l'on obtiendrait de très-bons résultats en augmentant de chaque côté le

nombre des carneaux F, F', ne les faisant que de 0^{m},07 de largeur sur 0^{m},12 de hauteur, et au lieu de mettre les carneaux F en face les carneaux F', plaçant les ouvertures des carneaux F en face les pleins des carneaux F' et *vice versâ*, *fig.* 6. Le mélange des gaz se ferait mieux.

On pourrait placer un souffleur énergique dans la cheminée que l'on ouvrirait au moment du ringardage et du chargement.

NOTE

SUR UN APPAREIL DE L'INVENTION DE M. TULPIN, DESTINÉ A RÉGULARISER LA PRESSION DANS LA DÉTENTE DE LA VAPEUR.

Par M. DE GENOUILLAC, ingénieur des mines.

Le régulateur de pression de M. Tulpin, constructeur-mécanicien à Rouen, est destiné à être placé entre les générateurs de vapeur et les appareils où la vapeur doit agir sous une pression inférieure à celle sous laquelle elle a été produite. Il a pour but de maintenir constante la pression de la vapeur dépensée, quelles que soient les variations de la dépense dans les appareils ou de la pression dans le générateur.

L'emploi de la vapeur à des pressions inférieures à celle sous laquelle elle est produite est très-fréquent dans l'industrie. Il a lieu toutes les fois que les générateurs doivent fournir simultanément de la vapeur à des machines fonctionnant à une pression assez élevée et à des appareils accessoires pour lesquels cette pression élevée n'est pas avantageuse, tels que les tuyaux de chauffage des ateliers, les encolleuses, les séchoirs, les vases à double fond employés dans les apprêts, les blanchisseries, les indienneries, etc., etc.

Le principe du régulateur consiste à faire ouvrir ou fermer plus ou moins une valve placée sur le parcours de la vapeur par l'action même de la vapeur détendue, dès que la pression de celle-ci vient à varier. A cet effet le mouvement de la valve est lié à celui d'un petit piston qui reçoit sous sa face inférieur l'action de la pression de la vapeur

et dont l'équilibre est modifié par toute variation de cette pression. L'appareil tel qu'il est établi dans la filature de MM. Octave Fauquet et compagnie à Oissel, près Rouen, est représenté Pl. X, *fig.* 1, 2, 3, 4 et 5. On peut voir que la pression de la vapeur détendue agit constamment de bas en haut sous le petit piston P par l'intermédiaire de l'eau renfermée dans le tube recourbé NN et d'une rondelle en caoutchouc E fixée par ses bords dans une monture en fonte. Le piston, chargé par l'intermédiaire d'un levier d'un poids convenablement réglé, reste en équilibre sous l'action de la pression, tant que celle-ci se conserve au degré qu'il s'agit de maintenir. Toute variation de pression détruit cet équilibre. Le piston se met alors en mouvement suivi sans résistance par la rondelle en caoutchouc, grâce à la faculté du caoutchouc de se distendre et de changer de forme. Du piston le mouvement se transmet très-simplement à l'axe de la valve et l'ouverture d'admission est immédiatement modifiée, réduite si la pression augmentait, accrue dans le cas inverse. En chargeant plus ou moins le levier et par suite le piston, on obtient des pressions d'équilibre différentes.

Le principe de l'appareil n'est pas nouveau. On avait déjà précédemment construit un régulateur destiné au même usage, en faisant agir la vapeur sur un piston ordinaire glissant à frottement dans une enveloppe cylindrique alésée; mais il est facile de comprendre que ce frottement détruisait toute sensibilité et ne pouvait être évité qu'en laissant se produire par la garniture une perte constante de vapeur. Cet appareil n'avait jamais été mis en usage, du moins dans le département de la Seine-Inférieure; dans toutes les usines employant la vapeur détendue, on réglait l'admission à la main au moyen de robinets.

L'emploi d'une rondelle en caoutchouc, dont le pourtour est pincé dans une monture pour obtenir une transmission de pression étanche et en même temps très-sensible, n'est

pas non plus nouveau, mais son application au cas actuel est très-heureuse.

L'interposition de la colonne d'eau NN qui transmet la pression a pour but de soustraire le caoutchouc à l'action de la vapeur qui le détériore assez rapidement. Cette eau ne tend généralement pas à disparaître par vaporisation, la vapeur affluente étant toujours saturée et le tuyau NN restant toujours plus froid que le conduit de vapeur. Il peut cependant arriver qu'après la mise bas des feux il se produise, en un point de la circulation de la vapeur, un refroidissement plus rapide que dans la partie qui renferme l'appareil et qu'alors il se fasse une distillation qui transporte toute l'eau dans cette partie refroidie. Il résulte des renseignements que nous avons recueillis que ce cas de distillation se présente quelquefois dans certaines usines, tandis qu'il n'a jamais lieu dans d'autres. Deux orifices, *m*, *n*, fermés par des bouchons à vis servent, l'un à l'introduction de l'eau, l'autre à l'expulsion de l'air lorsque le remplissage du tube NN est nécessaire. La surveillance sur ce point doit s'exercer avec régularité.

Les rondelles en caoutchouc ont une durée plus ou moins longue, mais généralement elles se percent au bout d'un an environ; on en est averti par la fuite de vapeur qui se manifeste par la gaine du piston. Rien n'est plus simple que le remplacement de la rondelle détériorée. La petite fuite de vapeur est le seul inconvénient qui se produise dans ce cas, car le jeu de la valve n'est pas sensiblement dérangé par la déchirure de la rondelle.

La valve est en laiton; elle est fixée sur son axe par plusieurs goupilles. L'axe est en acier; il tourne sur deux pointes (Pl. X, *fig.* 4 et 5). La valve et la boîte en fonte dans laquelle elle joue sont rectangulaires, M. Tulpin trouvant cette forme plus facile à ajuster exactement. A la position de la valve pour laquelle l'ouverture est complétement ouverte, correspond une position du piston que

celui-ci ne doit pas dépasser vers le bas. Pour l'en empêcher, un petit butoir, fixé à vis à la douille de fonte et pénétrant dans une cannelure ou entaille longitudinale de la tige du piston, vient frapper contre l'extrémité de cette entaille et le mouvement est arrêté. C'est là la position de repos quand le passage de la vapeur est interrompu. Un petit manomètre en communication avec le tube recourbé NN est destiné à indiquer la pression de la vapeur détendue. Cette mesure ne peut être très-précise à cause de l'état de mouvement de la vapeur, mais elle est suffisante pour les opérations industrielles.

Nous avons étudié le fonctionnement du régulateur Tulpin dans divers établissements du département de la Seine-Inférieure; nous rendrons brièvement compte de ces expériences.

Dans l'indiennerie de MM. Raupp et Rondeaux, au Houlme, il y a trois appareils Tulpin servant à régulariser la pression de la vapeur détendue, le premier dans les séchoirs, le second dans les vases à double fond de la cuisine aux couleurs, le troisième dans la boîte à fixer les couleurs. Les chaudières sont timbrées pour 6 atmosphères; la pression dans les divers appareils accessoires indiqués ne doit être que de 2 atmosphères 1/2 au plus. Les régulateurs Tulpin sont installés depuis trois ans et demi environ et se sont toujours parfaitement comportés. Le directeur de la fabrique nous a seulement signalé le fait de la distillation de l'eau du tube recourbé comme se produisant quelquefois. Cependant la durée des rondelles en caoutchouc a toujours été d'une année au moins : lors de nos expériences, en juillet 1865, une des rondelles n'avait pas encore été remplacée depuis la mise en marche, c'est-à-dire depuis trois ans. Le mécanicien est du reste dressé à faire fréquemment l'inspection des tubes. Nous avons fait varier la dépense de vapeur dans la cuisine aux couleurs en ouvrant successivement les robinets d'échappement de plu-

sieurs vases à double fond, et comme à ce moment la pression dans les chaudières n'était que de 3 atmosphères 1/2, la valve prenait à très-peu près la position d'ouverture maximum. En interrompant au contraire la communication avec presque tous les vases à double fond, on arrivait avec l'appareil à obtenir la fermeture presque complète de la valve. Le manomètre indiquait dans ces diverses expériences des pressions d'équilibre variant de 1 atmosphère 3/4 à 2 atmosphères, ce qui indique que la sensibilité de l'appareil s'arrêtait à 1/4 d'atmosphère.

L'aiguille du manomètre, lors des variations brusques de dépense, ne reprenait pas instantanément sa position d'équilibre; elle la dépassait d'abord d'environ 1/4 d'atmosphère, mais revenait ensuite en arrière assez rapidement. Les résultats de ces expériences nous ont paru fort satisfaisants.

Des renseignements très-favorables à l'appareil nous ont été donnés dans une autre indiennerie, celle de M. Ernest Fauquet à Deville, où l'appareil est également employé pour l'introduction de la vapeur dans les vases à double fond de la cuisine aux couleurs. Dans cette usine comme dans les deux autres dont nous parlerons plus bas, on n'a jamais observé que le tube recourbé se soit vidé.

A la filature de la Foudre, les divers étages sont chauffés par une circulation de vapeur dans des tuyaux de divers diamètres ($0^m,11$, $0^m,13$, $0^m,18$) en cuivre et en fonte, présentant un développement d'environ 500 mètres. Ces tuyaux ne débouchent pas à air libre, mais aboutissent à divers extracteurs, appareils destinés à laisser écouler l'eau de condensation, sans donner issue à la vapeur non condensée. On obtient un chauffage suffisant avec de la vapeur à une pression de 2 à 3 atmosphères, tandis que les 14 chaudières de l'établissement la produisent sous une pression de 5 atmosphères. Depuis deux ans et demi un appareil Tulpin est interposé sur le tuyau d'alimentation du chauffage. Il a toujours

marché très-régulièrement sans autre réparation que le remplacement à peu près annuel des rondelles. Pendant notre expérimentation, un manomètre-étalon avait été mis en communication avec la vapeur du chauffage à proximité du régulateur et vérifiait les indications du manomètre de l'appareil. Les deux manomètres devaient indiquer assez exactement les variations de la pression par le mouvement de leur aiguille, bien que la mesure absolue de la pression pût être faussée par l'état de mouvement de la vapeur du chauffage. En manœuvrant le robinet du tuyau d'admission de la vapeur dans le chauffage, placé entre les chaudières et l'appareil Tulpin, on a pu faire venir graduellement la pression d'admission depuis 5 atmosphères, pression dans les chaudières jusqu'à la pression même de la vapeur d'étendue, suivant qu'on ouvrait le robinet en plein ou qu'on le fermait progressivement. A chaque variation brusque, on voyait se produire un mouvement du levier; les aiguilles des manomètres s'écartaient de leur position d'environ un quart d'atmosphère, mais ce premier mouvement opéré, elles revenaient à leur position primitive à environ un huitième d'atmosphère près, ce qui donnait un huitième d'atmosphère comme mesure de la sensibilité. En faisant varier lentement la pression d'admission, l'écart momentané de l'aiguille diminuait d'amplitude et devenait insensible. Ces expériences ont été répétées avec des charges différentes à l'extrémité du levier et ont toujours donné les mêmes résultats. On remarquera que les mouvements de la valve produits par le jeu de l'appareil embrassaient ici, comme dans l'indiennerie de MM. Rouppe et Rondeaux, un espace angulaire assez étendu.

Dans la filature de MM. O. Fauquet et Ce à Oissel, l'étude de l'appareil présentait un intérêt spécial par suite de la grande dimension de la conduite sur laquelle il est placé ($0^{m},15$ de diamètre intérieur). Les conditions sont ici d'ailleurs très-différentes de ce qu'elles étaient dans les éta-

blissements dont il vient d'être question. Les ateliers, tous établis dans un rez-de-chaussée, sont chauffés par une circulation de vapeur, et l'eau de condensation doit faire retour aux chaudières. Pour rendre le mouvement possible avec un développement d'environ 800^m de tuyaux de 0^m.12 de diamètre, on fait alimenter le chauffage par une chaudière produisant de la vapeur à 5 atmosphères, pendant que le retour d'eau se fait dans deux autres chaudières, dans lesquelles la pression n'atteint que 4 atmosphères, pression de marche des machines à vapeur. Comme la chaudière à 5 atmosphères produit plus de vapeur qu'il n'en faut pour le chauffage, on utilise l'excédant à l'alimentation des machines, en en ramenant la pression à 4 atmosphères, au moyen d'un régulateur Tulpin. Cet appareil se trouve placé sur la conduite de prise de vapeur des machines entre la chaudière du chauffage qui est la plus éloignée des moteurs à alimen ter et la chaudière voisine. En vue de nos expériences, un manomètre étalon avait été disposé de manière à indiquer la pression de la vapeur dirigée vers les machines. Une seule des chaudières à 4 atmosphères était alors en marche. On a fait varier aussi rapidement que le permettait la conduite du feu la pression dans cette chaudière entre 3 et 4 atmosphères et en même temps dans la chaudière du chauffage entre 4 et 6. Les indications du manomètre ont varié de 3 atmosphères 3/4 à 4, soit seulement 1/4 d'atmosphère de variation, ce qui, dans ces conditions, nous a paru un résultat assez remarquable. Le gérant de la société, M. Fauquet, est très-satisfait de la marche de l'appareil qui ne s'est jamais dérangé.

Nous devons rappeler ici que le régulateur Tulpin avait déjà été soumis avec succès à des expériences dans l'établissement de MM. Dolfus, Mieg et Ce, à Mulhouse, par la société industrielle de cette ville. Les résultats de ces expériences, ainsi que la description des conditions spéciales

dans lesquelles fonctionne l'appareil, ont été publiés dans le bulletin de mai 1861 de cette société.

De ce qui précède, nous croyons pouvoir conclure que l'appareil Tulpin atteint le but que s'est proposé l'inventeur. Il maintient constante la pression de la vapeur en lui faisant subir le degré de détente que l'on veut obtenir. Son jeu est régulier, sa sensibilité suffisante, son emploi ne nécessite pas des précautions trop minutieuses, ni une surveillance trop délicate. Il peut procurer une assez importante économie de vapeur, en donnant la possibilité de marcher avec la pression strictement nécessaire, sans être exposé à des diminutions de pression qui nuiraient au travail. Le régulateur Tulpin peut donc rendre des services à l'industrie et le nombre rapidement croissant de ceux que monte l'inventeur semble indiquer que son utilité a été appréciée. Nous dirons cependant qu'on aurait tort d'abandonner l'emploi des soupapes de sûreté sur les appareils accessoires placés dans les ateliers et dont l'explosion pourrait par conséquent produire des accidents très-graves. Certainement dans les conditions ordinaires, la variation de pression étant presque nulle, le danger d'un excès de pression est peu à redouter, mais il ne faut pas oublier que l'appareil Tulpin exige une certaine surveillance et peut se déranger. Comme tous les appareils automoteurs, il a l'inconvénient d'endormir l'attention. Or, s'il arrivait un de ces accidents qu'on peut prévoir, tel que serait la rupture des viroles fixant la valve sur son axe, ou des pointes sur lesquelles tourne cet axe, ou toute autre circonstance que la nouveauté de l'appareil n'a pas encore indiquée, la pression pourrait tendre à s'équilibrer dans tous les appareils, ce qui serait extrêmement dangereux et rien ne pourrait avertir de ce fait, si ce n'est le manomètre de l'appareil, manomètre généralement peu en vue. Une soupape placée en aval avertirait d'une manière bien plus efficace, en même temps qu'elle donnerait une issue à la

vapeur. Or l'établissement d'une pareille soupape n'est ni difficile, ni dispendieux. La combinaison de l'appareil Tulpin et d'une soupape nous paraîtrait donc la solution la plus complète pour assurer à la fois le bon emploi de la vapeur et la sécurité, et cette solution est celle qui nous paraît à recommander.

Rouen, le 30 janvier 1866.

MÉMOIRE

SUR LE RÉGLAGE DES CHRONOMÈTRES ET DES MONTRES DANS LES POSITIONS VERTICALES ET INCLINÉES.

Par M. PHILLIPS, ingénieur des mines.

Le réglage des chronomètres et des montres dans les positions verticales et inclinées, complément nécessaire du réglage dans l'horizontale, est une opération délicate, essentielle pour tous les appareils qui servent à mesurer le temps; importante pour les chronomètres destinés à la marine, elle est surtout de première nécessité pour les chronomètres portatifs qui doivent marcher également bien dans toutes les positions. Or, dès que le balancier a son centre de gravité, si peu que ce soit en dehors de l'axe pour ainsi dire mathématique autour duquel il oscille, son poids intervient, et la durée de ses vibrations n'est plus celle due uniquement à l'action du spiral. Il n'est pas rare de voir des chronomètres, avant que cette influence ait été corrigée, présenter alors, suivant l'orientation des heures du cadran dans le plan de celui-ci, des écarts de marche allant à quelques centaines de secondes par vingt-quatre heures.

Les constructeurs, qui procèdent à cet égard par tâtonnements, sont arrivés, dans la pratique, à une règle qui consiste à ôter du poids du balancier du côté qui, placé vers le bas, donne de l'avance, ou, ce qui revient au même, à ajouter du poids du côté opposé. Cette règle s'applique seulement pour des arcs de balancier d'une amplitude modérée. Lorsque ces arcs deviennent très-grands, ainsi que cela a lieu dans certains chronomètres anglais, par exemple, la règle doit être appliquée, mais en sens inverse. Tels

sont les résultats auxquels on a été conduit par l'expérience et par l'observation. Il était intéressant de soumettre au calcul l'étude de ces phénomènes, qui ont pour la pratique une très-grande importance, et de tâcher d'en déduire les lois. C'est ce que j'ai fait dans le travail suivant, qui offre une application intéressante du principe de la variation des constantes arbitraires. Je dirai de suite que la théorie, d'accord avec l'observation, fournit précisément la règle pratique à laquelle ont été conduits les constructeurs et fait connaître de nouveaux faits importants pour les applications.

Cette recherche offrait tout d'abord la difficulté suivante : en lui appliquant les méthodes ordinaires de la dynamique, et particulièrement celles que l'on emploie pour obtenir par des approximations successives le temps des oscillations du pendule, on se trouve immédiatement arrêté par l'impossibilité de partir d'une série toujours convergente. De là l'idée de recourir au principe de la variation des constantes arbitraires, si fécond dans ses applications, principalement à la mécanique céleste, et d'un usage commode dès qu'il s'agit d'évaluer de petites perturbations.

Je suppose naturellement que l'isochronisme du spiral ait été préalablement obtenu et que, dans la position horizontale, la marche soit uniforme pour toutes les amplitudes des vibrations du balancier. Soit O le centre de rotation dans la position verticale ; supposons que, dans l'état naturel du spiral et du balancier, G soit le centre de gravité de ce dernier, et appelons δ l'angle GOV formé alors par OG avec la verticale OV dirigée de haut en bas en partant du point O, et soit λ l'excentricité OG.

Appelons p le poids du balancier et A son moment d'inertie. De ce que l'isochronisme du spiral est supposé déjà obtenu, on peut considérer le moment de son action sur le balancier comme étant toujours proportionnel à l'angle d'écartement de celui-ci et représenté par $k\alpha$, k étant une

constante et α cet angle d'écartement. On a donc à chaque instant

$$(1) \qquad A\frac{d^2\alpha}{dt^2} = -k\alpha - p\lambda\sin(\alpha+6).$$

On tire de là, en appelant α_0 la valeur de α répondant à une des limites de l'excursion,

$$(2) \quad A\frac{d\alpha^2}{dt^2} = k(\alpha_0^2 - \alpha^2) + 2p\lambda[\cos(\alpha+6) - \cos(\alpha_0+6)].$$

La valeur de α répondant à l'autre limite de l'excursion n'est pas rigoureusement égale à $-\alpha_0$; elle en diffère très-peu, mais il y a une différence. Appelons α_1 cette valeur de α; on tire de l'équation (2)

$$\alpha_0^2 - \alpha_1^2 + \frac{2p\lambda}{k}[\cos 6(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_0) + $$
$$+ \sin 6(\sin\alpha_0 - \sin\alpha_1)] = 0.$$

En faisant

$$\alpha_1 = -\alpha_0 + \delta,$$

et se fondant sur ce que δ est une très-petite quantité, on obtient

$$(3) \qquad \alpha_1 = -\alpha_0 - \frac{2p\lambda}{k}\sin 6\frac{\sin\alpha_0}{\alpha_0}.$$

Supposons que le sens des α positifs ait été pris dans un sens tel, que 6 soit compris entre 0 et π, et supposons de plus que α_0 réponde à la limite de α quand cet angle est > 0. La formule (3) conduit alors aux conséquences suivantes :

1° Si $\alpha_0 < \pi$, on aura α_1 plus grand que α_0 en valeur absolue, c'est-à-dire que le balancier s'éloignera plus de la position qui répond à la non-déformation du spiral du côté opposé de l'angle 6.

2° Si $\alpha_0 = \pi$, ou si le balancier fait des arcs d'un tour,

il s'écartera également, de part et d'autre, de la position initiale.

3° Si $\alpha_0 > \pi$, on aura α_1 plus petit que α_0 en valeur absolue, et le balancier ira moins loin du côté opposé à l'angle β que de ce côté.

Occupons-nous maintenant d'obtenir la solution de la question, qui est la durée des vibrations du balancier. Mais on peut voir d'abord la difficulté qui s'oppose à l'emploi d'un développement en série. En effet, on tire de l'équation (2)

$$(4) \qquad dt = \sqrt{\frac{A}{k}} \frac{d\alpha}{\sqrt{\alpha_0^2 - \alpha^2}} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{2p\lambda}{k}\left[\frac{\cos(\alpha+\beta) - \cos(\alpha_0+\beta)}{\alpha_0^2 - \alpha^2}\right]}}.$$

Or, si l'on voulait, en suivant la méthode usitée dans la théorie du pendule pour les approximations successives, développer

$$\left\{1 + \frac{2p\lambda}{k}\left[\frac{\cos(\alpha+\beta) - \cos(\alpha_0+\beta)}{\alpha_0^2 - \alpha^2}\right]\right\}^{-\frac{1}{2}},$$

en se fondant sur la petitesse extrême du facteur $\frac{2p\lambda}{k}$, on se trouverait arrêté de suite par la considération que l'autre facteur $\frac{\cos(\alpha+\beta) - \cos(\alpha_0+\beta)}{\alpha_0^2 - \alpha^2}$ devient infiniment grand quand α s'approche infiniment de $-\alpha_0$, excepté dans le cas particulier de $\beta = 0$ ou de $\beta = \pi$.

Voici maintenant l'exposé de la méthode suivie :

Si la perturbation dont il s'agit n'existait pas, le spiral étant isochrone, l'équation à résoudre serait

$$(5) \qquad \frac{d^2\alpha}{dt^2} = -\frac{k}{A}\alpha,$$

dont l'intégrale est

$$(6) \qquad t = \sqrt{\frac{A}{k}} \arcsin\frac{\alpha}{\alpha_0} + \theta.$$

α_0 étant la demi-amplitude des oscillations, et θ le temps pour $\alpha = 0$.

On a aussi

$$\alpha = \alpha_0 \sin \sqrt{\frac{k}{A}}(t - \theta). \tag{7}$$

et

$$\frac{d\alpha}{dt} = \alpha_0 \sqrt{\frac{k}{A}} \cos \sqrt{\frac{k}{A}} (t - \theta). \tag{8}$$

Je vais maintenant considérer dans ces formules α_0 et θ comme deux fonctions variables, de telle sorte que les expressions (6) ou (7) satisfassent, non plus à l'équation (5), mais à l'équation (1) ou à

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} = -\frac{k}{A}\alpha - \frac{p\lambda}{A}\sin(\alpha + \delta). \tag{9}$$

Comme il y a deux fonctions indéterminées, α_0 et θ, et une seule condition (9), j'imposerai comme seconde condition que l'équation (8) soit aussi satisfaite, c'est-à-dire que $\frac{d\alpha}{dt}$ ait la même forme que si α_0 et θ étaient des constantes.

En convenant de désigner par le signe $\left(\frac{d}{d}\right)$ toute dérivée partielle, la seconde condition revient à

$$\frac{d\alpha}{dt} = \left(\frac{d\alpha}{dt}\right), \tag{10}$$

ou à

$$\left(\frac{d\alpha}{d\alpha_0}\right)\frac{d\alpha_0}{dt} + \left(\frac{d\alpha}{d\theta}\right)\frac{d\theta}{dt} = 0, \tag{11}$$

et la première condition à

$$\left(\frac{d^2\alpha}{dt^2}\right) + \left(\frac{d^2\alpha}{dt\,d\alpha_0}\right)\frac{d\alpha_0}{dt} + \left(\frac{d^2\alpha}{dt\,d\theta}\right)\frac{d\theta}{dt} = -\frac{k}{A}\alpha - \frac{p\lambda}{A}\sin(\alpha + \delta).$$

Mais, à cause de l'équation (5), on a identiquement

$$\left(\frac{d^2\alpha}{dt^2}\right) = -\frac{k}{A}\alpha.$$

Donc, la première condition peut s'écrire comme il suit :

$$(12) \qquad \left(\frac{d^2\alpha}{dt\,d\alpha_0}\right)\frac{d\alpha_0}{dt} + \left(\frac{d^2\alpha}{dt\,d\theta}\right)\frac{d\theta}{dt} = -\frac{p\lambda}{A}\sin(\alpha+6).$$

Les équations (11) et (12) vont servir à déterminer α_0 et θ lorsque les dérivées partielles auront été remplacées par leurs valeurs déduites de l'équation (7). Après avoir fait ces substitutions, on obtient

$$d\theta = -\frac{1}{\alpha_0}\frac{p\lambda}{k}\sin\sqrt{\frac{k}{A}}(t-\theta)\sin(\alpha+6)\,dt$$

et

$$d\alpha_0 = -\frac{p\lambda}{k}\sqrt{\frac{k}{A}}\cos\sqrt{\frac{k}{A}}(t-\theta)\sin(\alpha+6)\,dt,$$

ou, en développant $\sin(\alpha+6)$ et y remplaçant α par sa valeur, équation (7), on a

$$(13) \qquad d\theta = -\frac{1}{\alpha_0}\frac{p\lambda}{k}\left\{\cos 6\sin\left[\alpha_0\sin\sqrt{\frac{k}{A}}(t-\theta)\right] + \right.$$
$$\left. + \sin 6\cos\left[\alpha_0\sin\sqrt{\frac{k}{A}}(t-\theta)\right]\right\}\sin\sqrt{\frac{k}{A}}(t-\theta)\,dt$$

et

$$(14) \quad d\alpha_0 = -\frac{p\lambda}{k}\sqrt{\frac{k}{A}}\left\{\cos 6\sin\left[\alpha_0\sin\sqrt{\frac{k}{A}}(t-\theta)\right] + \right.$$
$$\left. + \sin 6\cos\left[\alpha_0\sin\sqrt{\frac{k}{A}}(t-\theta)\right]\right\}\cos\sqrt{\frac{k}{A}}(t-\theta)\,dt.$$

Ces deux équations déterminent θ et α_0 par de simples quadratures, car on sait, d'après les principes de la mé-

thode de la variation des constantes arbitraires, que, dans les seconds membres des équations (13) et (14), α_0 et θ peuvent y être considérés comme des constantes.

A cause de l'équation (10), la vitesse angulaire est toujours donnée par l'équation (8), de sorte que les limites des oscillations, répondant à $\frac{d\alpha}{dt} = 0$, auront lieu à des époques données par

$$\sqrt{\frac{k}{A}}(t-\theta) = (2i+1)\frac{\pi}{2}, \tag{15}$$

i étant un nombre entier quelconque, ou

$$t = (2i+1)\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{A}{k}} + \theta, \tag{16}$$

et, en appelant θ' la différence entre deux valeurs successives de θ répondant à deux valeurs consécutives de i ou aux deux limites d'une oscillation, on aura, pour le temps T d'une oscillation simple,

$$T = \pi\sqrt{\frac{A}{k}} + \theta'. \tag{17}$$

Il reste maintenant à obtenir la valeur de θ', et pour cela il faut commencer par intégrer l'équation (13).

A cet effet, remarquons que $\sin\left[\alpha_0 \sin\sqrt{\frac{k}{A}}(t-\theta)\right]$ peut toujours se développer en une série convergente suivant les puissances de degré impair de $\alpha_0 \sin\sqrt{\frac{k}{A}}(t-\theta)$, et comme il y a dans l'équation (13), en dehors du signe $\big\}\ \big\}$, le facteur $\sin\sqrt{\frac{k}{A}}(t-\theta)$, on a à intégrer une série infinie de termes, tels que

$$\pm\frac{\alpha_0^{2r+1}}{1.2.3\ldots(2r+1)}\sin^{2r+2}\sqrt{\frac{k}{A}}(t-\theta)\,dt, \tag{18}$$

r ayant toutes les valeurs entières positives depuis et y compris zéro jusqu'à l'infini, et les termes étant alternativement positifs et négatifs, selon que r est pair ou impair. Maintenant, $\sin^{2r+2}\sqrt{\frac{k}{A}}(t-\theta)$ peut se développer suivant les cosinus des multiples pairs de l'arc $\sqrt{\frac{k}{A}}(t-\theta)$, plus un terme constant. Or tous ces termes en cosinus doivent être négligés. En effet, en les intégrant ils se transforment en sinus de ces mêmes multiples; mais d'après l'équation (15) ces derniers, pour les limites de l'intégration, sont des multiples de π, de sorte que leurs sinus sont nuls, ce qui fait évanouir le résultat de ces intégrations. Il y a seulement lieu de tenir compte, pour chaque valeur de r, du terme constant correspondant. Celui-ci, multiplié par dt et intégré entre les limites indiquées, donne le même facteur constant multiplié par T, que l'on peut prendre ici égal à $\pi\sqrt{\frac{A}{k}}$, et l'on a définitivement, pour ce seul terme provenant de l'équation (18),

$$\pm\frac{\alpha_0^{2r+1}}{2^{2r+1}(r+1)(1.2.3\ldots r)^2}\pi\sqrt{\frac{A}{k}}, \tag{19}$$

ces termes étant alternativement positifs et négatifs en commençant par le signe $+$.

Quant à la partie du second membre de l'équation (13) qui résulterait du développemenl de $\cos\left[\alpha_0\sin\sqrt{\frac{k}{A}}(t-\theta)\right]$, on peut en faire abstraction. En effet, ce développement ne contiendrait que des puissances de degré pair de $\sin\sqrt{\frac{k}{A}}(t-\theta)$, lesquelles, multipliées par ce même sinus, qui est en dehors du signe $\{\ \}$, donneraient les puissances

de degré impair du sinus de cet arc. Soit

$$\frac{\alpha_0^{2r}}{1.2.3\ldots(2r)} \sin^{2r+1} \sqrt{\frac{k}{A}}(t-\theta)\,dt$$

l'un de ces termes.

On sait que $\sin^{2r+1}\sqrt{\frac{k}{A}}(t-\theta)$ est développable suivant les sinus des multiples impairs de $\sqrt{\frac{k}{A}}(t-\theta)$ et qu'il n'y a pas de terme constant. Or l'intégration transformerait ces sinus en cosinus des multiples impairs de ce même arc, et, d'après l'équation (15), ces cosinus s'évanouiraient tous aux deux limites de l'intégration.

En définitive, en rétablissant le facteur $-\frac{1}{\alpha_0}\frac{p\lambda}{k}$, qui se trouve en tête du second membre de l'équation (13), on a

$$(20)\quad \theta' = -\pi\sqrt{\frac{A}{k}}\cdot\frac{p\lambda}{k}\cos 6\sum \pm \frac{\alpha_0^{2r}}{2^{2r+1}(r+1)(1.2.3\ldots r)^2},$$

les signes des termes compris dans $\sum$ étant alternativement + et —, en commençant par +, qui répond à $r=0$, et, pour cette valeur zéro de r, il faut remplacer $(1.2.3\ldots r)^2$ par 1.

On a alors, pour le temps réel T de l'oscillation simple,

$$(21)\qquad T = \pi\sqrt{\frac{A}{k}}\left[1-\frac{p\lambda}{k}\cos 6\sum \mp \frac{\alpha_0^{2r}}{2^{2r+1}(r+1)(1.2.3\ldots r)^2}\right],$$

ou, en formant le développement qui est indiqué sous le signe $\sum$,

$$(22)\quad T = \pi\sqrt{\frac{A}{k}}\left\{1-\frac{p\lambda}{k}\cos 6\left[\begin{array}{l}\frac{1}{2}-\frac{\alpha_0^2}{2^3 2.(1)^2}+\frac{\alpha_0^4}{2^5.3(1.2)^2}-\frac{\alpha_0^6}{2^7.4(1.2.3)^2}+\frac{\alpha_0^8}{2^9.5(1.2.3.4)^2}\\ -\frac{\alpha_0^{10}}{2^{11}.6(1.2.3.4.5)^2}+\frac{\alpha_0^{12}}{2^{13}.7(1.2.3.4.5.6)^2}-\ldots\end{array}\right]\right\}$$

Cette formule montre une concordance parfaite entre les résultats de la théorie et les règles expérimentales indiquées au commencement de ce travail.

En effet, supposons d'abord que l'angle α_0 soit au-dessous de la valeur nécessaire pour que la série $\left[\frac{1}{2} - \frac{\alpha_0^2}{2^2.2.(1^2)} + \ldots\right]$ commence à devenir négative.

Alors, si $6 < \frac{\pi}{2}$ ou si $\cos 6 > 0$, c'est-à-dire si le centre du balancier, au repos, se trouve au-dessous du centre de rotation, la formule (22) montre qu'en pareil cas il y aura une légère accélération du chronomètre par rapport à la marche normale correspondant à une durée d'oscillation $\pi\sqrt{\frac{A}{k}}$.

Au contraire, si $6 > \frac{\pi}{2}$ ou $\cos 6 < 0$, par la même raison il y aura un léger retard dans la marche, et dont la valeur sera encore donnée par la formule (22).

Pour centrer dans ces deux cas le balancier, il faudra donc toujours appliquer la règle indiquée au commencement.

On voit de plus que si $6 = \frac{\pi}{2}$, c'est-à-dire si le balancier a son centre déplacé sur l'horizontale, la marche du chronomètre n'en est pas affectée et est la marche normale elle-même.

J'ai supposé que l'angle α_0 avait une valeur au-dessous de celle pour laquelle la parenthèse $\left[\frac{1}{2} - \frac{\alpha_0^2}{2^3.2(1^2)} + \ldots\right]$ commence à devenir négative. Il est intéressant de connaître cette valeur, c'est-à-dire celle qui annule cette parenthèse. Or on trouve qu'elle est comprise entre 3,83 et 3,84, qui donnent pour cette série, le premier nombre un résultat positif et le second un résultat négatif. Le premier répond

à un angle de 219° 27′ et le second à un angle de 220° 1′. Leur moyenne est de 219°44. On peut donc dire que c'est pour une amplitude d'oscillation de 439°28′, ou, approximativement, de 440 degrés, que l'excentricité du balancier ne trouble en aucune façon la durée des oscillations, quelle que soit l'orientation du cadran.

Il était intéressant de vérifier ce résultat de la théorie par l'expérience. Or, les observations ont toujours confirmé les déductions du calcul. Voici, à cet égard, un certain nombre d'exemples. Les expériences ont été faites sur des chronomètres et suivies avec soin. On ne s'était pas donné la peine de corriger l'influence de l'excentricité du balancier d'après la règle déjà indiquée. Et même, dans l'expérience n° III, on avait donné exprès une forte excentricité au balancier.

	NUMÉROS des expériences.	AMPLITUDE des oscillations du balancier.	ÉCART MAXIMUM de la marche diurne selon l'orientation du cadran dans le plan vertical.
		degrés.	Secondes.
(I)	1°	270	234,0
	2°	440	3,0
	3°	480	32,2
(II) Autre appareil.	1°	270	361.0
	2°	440	12,0
	3°	455	73,0
(III) Autre appareil.	1°	260	532,8
	2°	440	42,0
	3°	470	165,0
	4°	360	185,0
(IV) Autre appareil.	1°	360	138,1
	2°	440	6,3
	3°	475	57,3
(V) Autre appareil.	1°	195	122,7
	2°	440	3,3
	3°	530	122,4

On voit, par le tableau ci-dessus, combien l'expérience vient confirmer la théorie. Et encore faut-il tenir compte de ce que, la fusée étant ordinairement construite pour pro-

duire un angle constant très-inférieur à 440 degrés, dans la position verticale, cette dernière amplitude ne laisse pas que de s'écarter de cet angle d'une manière sensible, pendant le cours des observations, malgré le soin qu'on prend de remonter souvent l'armure du ressort.

Outre les diverses conséquences pratiques de la théorie précédente, cette propriété de l'arc de 440 degrés est importante à connaître pour les constructeurs. En effet, beaucoup de chronomètres de poche ont un balancier qui fait naturellement, dans la position verticale, des arcs de 440 à 450 degrés. Dès lors, si l'on s'en rapportait à la marche du chronomètre, pour cette inclinaison, on le croirait réglé et il ne le serait pas, parce que, pour une autre inclinaison, l'amplitude des vibrations du balancier ne serait plus celle qui donnerait une marche régulière, si l'on n'avait pas convenablement centré le balancier.

NOTICE

SUR LES SONDAGES EXÉCUTÉS PAR LE SERVICE DES MINES DE LA PROVINCE D'ALGER, SUR LE TERRITOIRE DU VILLAGE DE L'OUED EL ALEUG, PLAINE DE LA MÉTIDJA.

Par M. VATONNE, ingénieur des mines.

Le village de Oued el Aleug est situé sur la route provinciale n° 9 de Blidah à Koléah, à 10 kilomètres de la première de ces deux villes; la borne kilométrique 10 est sur la place même du village. De Blidah au Mazafran, le territoire de la plaine de la Métidja va constamment en s'abaissant. La *fig.* 1, Pl. VIII, donne le profil de la plaine suivant l'axe de la route provinciale. D'après les nivellements faits par le service des ponts et chaussées, la différence de niveau entre le socle de la porte Bab el Rabah à l'extrémité sud de Blidah (altitude $270^{m},76$) et la borne kilométrique 10 (altitude $49^{m},68$) est de $221^{m},08$ pour une longueur horizontale développée de 11.000 mètres, ce qui donne une pente moyenne de 0.0201 par mètre. De la place du village au point le plus bas de la plaine, à 300 mètres de la berge droite du Mazafran, la différence de niveau est de $31^{m},59$ pour une longueur de 7.500 mètres, mais à partir de ce point le terrain monte rapidement jusqu'à Koléah, petite ville située sur le bord sud du plateau du Sahel.

Sur cette longueur de 10 kilomètres qui sépare Blidah de Oued el Aleug, la plaine de la Métidja est à peu près dépourvue d'eau; les quelques fermes privilégiées ayant

de l'eau pour les arrosages sont plus rapprochées de Blidah que de Oued el Aleug, et tirent cette eau des dérivations de l'Oued el Kebir et de l'Oued Beni Aza. En général l'eau manque même pour les besoins domestiques, et c'est à grands frais que cette année l'administration a fait les travaux pour amener de Blidah l'eau nécessaire pour l'alimentation d'une fontaine placée à 5 kilomètres 1/2 au sud de Oued el Aleug, que les colons ont justement nommée fontaine désirée. Cette fontaine n'ayant pas encore reçu l'eau, les fermes situées sur le bord de la route doivent s'alimenter à Joinville ; dans chaque ferme un équipage spécial est affecté au service de l'eau qu'on va chercher dans des barriques à 3 et 4 kilomètres de distance. Des puits ordinaires ne sauraient atteindre des nappes aquifères ; dans une ferme située à 4 kilomètres de Blidah, sur le bord de la route, on a creusé un puits de 80 mètres de profondeur qui n'a recueilli aucun suintement et ne donne pas une goutte d'eau.

Le village de Oued el Aleug est un des plus jolis villages de la plaine de la Métidja ; dans ses environs se trouvent des fermes et des exploitations rurales d'une très-grande importance et de remarquables sources dont l'origine artésienne, accusée par la température élevée des eaux dans la saison d'hiver, a été signalée par M. l'ingénieur en chef des mines Ville. Près du village, vers le sud, l'eau est à plusieurs mètres de profondeur au-dessous du sol ; cette profondeur varie de 4 à 10 mètres, suivant la position du puits. Par le drainage d'un bas-fonds situé de ce côté et plus élevé que le sommet de l'angle S.-E. de Oued el Aleug, les habitants du village avaient eu jusqu'à ce jour de l'eau en quantité suffisante pour leur consommation et pour l'arrosage des plantations publiques ou lots de jardins ; malheureusement le débit de cette source artificielle a toujours été en diminuant, si bien qu'au mois de septembre 1863 le débit total de la conduite à son entrée

dans le village n'était pas de 30 litres par minute, et qu'il était réduit à 20 litres au commencement du mois de juillet 1864. Cette situation extrêmement grave, qui pouvait amener la ruine du village, préoccupait vivement l'administration et était encore aggravée par les difficultés et les dépenses considérables qu'aurait entraînées l'exécution de travaux pour conduire à Oued el Aleug les belles sources de la rivière dont il prend le nom. C'est dans ces conditions que l'administration supérieure et la commune acceptèrent la proposition de M. l'ingénieur en chef Ville d'exécuter un sondage qui, selon toutes les prévisions, devait fournir un volume d'eau bien supérieur à celui que la conduite avait pu donner autrefois.

Ce sondage n'a rencontré que des nappes ascendantes remarquables qui n'ont pu être utilisées par suite d'accidents matériels devenus irrémédiables; mais un deuxième sondage, entrepris dans le village même, eut un succès complet et détermina l'exécution d'un troisième sondage sur le communal à 2.700 mètres du village partie nord; le troisième sondage a donné des résultats plus importants que tous ceux obtenus jusqu'à ce jour dans la province d'Alger. Nous nous proposons de donner dans ce rapport des détails étendus sur chacun de ces trois sondages, dont les positions relatives sont indiquées sur le petit plan coté de Oued el Aleug et des environs formant la *fig.* 2, Pl. VIII.

Premier sondage de Oued el Aleug.

Le premier sondage de Oued el Aleug a été entrepris à 267 mètres de distance de la dépression dont le drainage alimentait d'eau le village, et à 850 mètres de la place, à peu près sur la bissectrice de l'angle S.-E. de l'enceinte. Le point choisi est à 63^{m},92 au-dessus du niveau de la mer, à 14^{m},24 au-dessus de la route dans l'axe du village, et à 13^{m},47 au-dessus du seuil de la fontaine publique. Le

16 septembre 1863, le détachement des condamnés militaires du pénitencier de Bab el Oued arrivait sur les lieux; après avoir dressé la chèvre, monté le treuil et le balancier, construit une baraque pour la forge, creusé et boisé un puits de service de 2 mètres de côté et de 2 mètres de profondeur, creusé un fossé d'écoulement pour les eaux, le travail de sondage commençait le 21 septembre, sous la direction de M. Purtschet père.

Aucun accident n'est venu entraver la marche de l'approfondissement du sondage qui, le 19 janvier 1864, atteignait une profondeur de $152^m,25$. C'est le 25 janvier que l'ordre a été donné d'arrêter et de relever la colonne de tubes de $0^m,18$. C'est de cette époque que date une série d'accidents sur lesquels nous reviendrons dans la suite de ce rapport. Le tableau ci-dessous donne la nature des terrains traversés et les variations du niveau de l'eau dans le trou de sonde :

NATURE des terrains traversés.	Épaisseur des couches.	Profondeur du toit des couches au-dessous du sol.	Niveaux successifs de l'eau au-dessous du sol.	Température de l'eau.
	mèt.	mèt.	mèt.	degr.
Terre végétale et graviers	3,80	»		
Argile jaune	3,20	3,80		
Argile jaune et graviers	3,00	7,00	7,00	21,00
Argile jaune sableuse	2,00	10,00		
Graviers	5,30	12,00	6,70	21,00
Argile jaune rougeâtre légèrement graveleuse	2,40	17,30		
Argile couleur marron	2,50	19,70		
Argile jaune	8,10	22,20		
Argile marron	0,90	30,30		
Argile jaune	1,00	31,20		
Argile jaune très-graveleuse	0,95	32,20	6,30	21,00
Argile jaune	11,50	33,15		
Argile marbrée bleue	1,00	44,65		
Argile jaune	4,25	45,65		
Argile jaune très-graveleuse	0,40	49,90		
Argile jaune	0,95	50,30		
Argile rougeâtre	2,00	51,25		
Argile rouge très-graveleuse	10,55	53,25	6,70 6,30 6,70	21,00
Argile rougeâtre	3,30	63,80		
Graviers (1re nappe)	3,70	67,10	5,00	21,00
Argile jaune sableuse	11,30	70,80		
Graviers (2e nappe)	2,50	82,10	3,30	22,00
Argile sableuse	3,50	84,60		
Argile bleuâtre	7,40	88,10		
Argile jaune	4,90	95,50		
Argile rouge	2,20	100,40		
Argile jaune	10,10	102,60		
Graviers (3e nappe)	0,90	112,70	1,10	23,00
Argile jaune	13,80	113,60		
Argile jaune graveleuse	11,10	127,40		
Argile jaune	13,75	138,50		
Total	152,25	152,25		

Quatre colonnes de tubes partant du sol ont été descendues pour maintenir les terrains traversés par le sondage; le pied de chacune de ces colonnes était placé :

Pour les tubes de	0m,30	de diamètre à	15m,60
Id.	0m,27	*id.*	39m,40
Id.	0m,24	*id.*	94m,00
Id.	0m,18	*id.*	146m,10

Les 152m,25 ont été forés et les tubes descendus en 89 journées et demie de travail de 20 heures, ou en 1.790 heures; ce qui donne par 24 heures de travail effec-

tif une vitesse moyenne d'approfondissement de $2^m,04$. Les 32 premiers mètres ont été faits avec la tarière et la tarière rubanée; dans la suite du forage on s'est servi de l'instrument à chute libre, des trépans et de la cuiller à soupape.

Vers 152 mètres de profondeur, le niveau de l'eau dans le trou de sonde s'est relevé; il est donc probable qu'à peu de distance du fond de sondage se trouvait une nouvelle nappe d'eau ascendante. Quoi qu'il en soit, en négligeant cette nappe et celle des puits et norias, trois nappes ascendantes incontestables ont été rencontrées :

La première nappe à $67^m,10$, la deuxième à $82^m,10$, la troisième à $112^m,30$.

Les eaux de toutes ces nappes, et notamment celles des deux dernières, pouvaient facilement être amenées au village par une conduite spéciale, en outre, jetées dans l'ancienne conduite; un bon résultat eût donc été tiré du premier sondage sans les accidents matériels survenus en voulant relever la colonne de $0^m,18$, dont le pied avait dépassé de 34 mètres l'origine de la troisième nappe, et qui, irremédiables, comme nous venons de le dire, ont nécessité finalement l'abandon de ce travail. Chacune de ces nappes donne des eaux d'excellente qualité, d'une pureté remarquable; on en pourra juger par l'analyse des eaux mélangées des deux nappes de $67^m,10$ et $82^m,10$ recueillies le 25 novembre 1863; cette analyse a été faite au laboratoire d'Alger par M. de Marigny, manipulateur du service des mines :

	gr.
Silice.	0,0080
Carbonate de chaux.	0,1560
Carbonate de magnésie. . .	0,0151
Sulfate de chaux.	0,0379
Sulfate de magnésie.	0,0079
Chlorure de magnésium. . .	0,0328
Chlorure de sodium.	0,0270
	0,2847

A la fin de janvier 1864, après les premières tentatives faites pour relever la colonne de $0^{m},18$, les dépenses totales s'élevaient à 7 $374^{fr},10$, ainsi :

	fr.
Fournitures et transports.	1.017,46
Main-d'œuvre et surveillance (1). .	3.463,07
Appointements du contre-maître. .	1.125,00
Indemnités diverses.	473,97
Prime payée à MM. Kind.	1.094,40
	7.074,10

Mais ces dépenses ont été notablement accrues par les accidents qui ont suivi.

Deuxième sondage.

Le premier sondage avait démontré l'existence de nappes ascendantes s'élevant assez près du sol pour que leur écoulement fût continu vers le village; ces nappes devaient évidemment se transformer en nappes jaillissantes dans un sondage exécuté au village même, c'est-à-dire à une dizaine de mètres en contre-bas; aussi l'administration et la commune n'hésitèrent-elles pas à faire de nouveaux sacrifices pour un deuxième sondage.

Le point fut choisi à l'intersection des axes des boulevards est et sud de Oued el Aleug. Ce point, comme le montre le plan coté de la *fig.* 2, est le point le plus élevé de tout le village; il permettait donc de diriger partout les eaux jaillissantes, et il permettait en outre d'utiliser les anciens canaux d'irrigation. Le deuxième sondage est placé à $54^{m},01$ au-dessus du niveau de la mer; il est à $9^{m},91$ au-dessous de l'emplacement du puits abandonné et à $5^{m},67$ au-dessus du croisement de la route provinciale et du chemin diamétral de la Métidja. Les travaux ordinaires

(1) Les condamnés militaires sont payés $1^{fr}.50$ par journée de travail de 10 heures.

préparatoires ont été faits du 24 au 28 juin 1864; le 29, les travaux de sondage proprement dits commençaient; ils ont continué jusqu'à 108^{m},70 sans présenter aucune particularité à signaler.

Les terrains traversés et les niveaux de l'eau ou les débits successifs des nappes sont indiqués dans le tableau suivant (*fig.* 3, Pl. VIII) :

NATURE des terrains traversés.	Épaisseur des couches.	Profondeur du toit des couches au-dessous du sol.	Niveaux successifs de l'eau ou débits des nappes.	Température de l'eau.
	mèt.	mèt.	mèt.	degrés.
Terre végétale et graviers.	2,80	»		
Argile jaune et graviers.	3,20	2,80	2,20	19,40
Argile grise avec helix fossiles.	1,20	6,00		
Argile jaune.	0,80	7,20		
Argile noire.	0,80	8,00		
Argile jaune grisâtre.	3,20	8,80		
Argile bleue.	2,00	12,00	1,80	20,00
Argile jaune.	1,20	14,00		
Argile jaune grisâtre très-graveleuse.	1,10	15,20		
Argile marron.	0,80	16,30		
Argile verdâtre.	1,20	17,10		
Argile marron.	6,00	18,30		
Argile jaune grisâtre très-graveleuse.	1,00	24,30	0,92	21,50
Argile jaune.	0,90	25,30		
Argile jaune très-graveleuse.	0,90	26,20	0,92	21,50
Argile jaune.	3,40	27,10		
Argile marron.	2,10	30,50		
Argile jaune.	1,60	32,60		
Graviers (1re nappe jaillissante).	3,30	34,20	20 litres par minute à 0m,90 au-dessous du sol.	21,50
Argile jaune.	1,50	37,50		
Argile verdâtre.	1,00	39,00		
Argile jaune.	5,50	40,00		
Argile bleue.	0,80	45,50		
Argile jaune.	0,80	46,30		
Argile bleue marbrée.	0,50	46,90		
Argile jaune	0,70	47,40		
Argile jaune très-graveleuse.	1,30	48,10	48 litres par minute à 1m,20 au-dessous du sol.	21,50
Argile jaune.	3,00	49,40		
Argile rouge.	7,10	52,40		
Argile rouge très-graveleuse.	6,00	59,50	60 litres par minute à 1m,20 au-dessous du sol.	21,50
Argile jaune.	0,80	65,50		
Graviers (2e nappe jaillissante).	3,80	66,30	15 litres 1/2 par seconde.	23,00
Argile jaune.	1,20	70,10		
Argile blanc bleuâtre.	11,10	71,30		
Argile jaune.	7,80	82,40		
Argile jaune rougeâtre.	10,20	90,20		
Argile jaune.	1,90	100,40		
Graviers (3e nappe jaillissante) traversés sur.	6,40	102,30	Les 3 nappes donnent 20 litres par seconde à 1m,10 au-dessous du sol.	23,00
	108,70	108,70		

Du 29 juin au 22 septembre 1864 il y a eu 51 journées

et demie de travail de 20 heures consacrées à l'approfondissement et au tubage du puits ; la vitesse moyenne d'exécution par 24 heures effectives de travail a donc été de 2^m,533 ; les 34 premiers mètres ont été faits avec la tarière et la tarière rubanée ; au delà on a employé presque exclusivement l'instrument à chute libre de M. Clément Purtschet fils, les trépans et la cuiller à soupape.

Trois colonnes de tubes partant du sol ont maintenu les terrains.

Colonne de 0^m,30 ; longueur, 48 mètres.

Colonne de 0^m,30 ; longueur, 68^m,40.

Colonne de 0^m,21 ; longueur, 108^m,70.

Trois nappes jaillissantes ont été trouvées ; le débit total de ces nappes, à 1^m,10 au-dessous du sol dans le grand fossé d'écoulement qui verse les eaux sur la route de Blidah à Coleah, est de 20 litres par seconde à la température de 23°.

La première nappe a été trouvée à 34^m,20 ; elle donnait d'abord seulement 20 litres par minute à la température de 21° et demi ; mais dans la suite des travaux le débit a toujours été en augmentant ; il avait atteint 60 litres par minute lorsque la deuxième nappe jaillissante a été rencontrée à 66^m,30. Le débit primitif de cette nappe était de 13 litres par seconde, il s'est élevé à 15 litres et demi, la température de l'eau étant de 23°. Enfin à 102^m,30 a été trouvée la troisième nappe qui a porté le débit total des nappes à 17 litres par seconde, alors que l'écoulement se faisait à 0^m,60 au-dessous du sol, depuis l'abaissement de l'orifice d'écoulement à 1^m,10, c'est-à-dire à quelques centimètres au-dessus du canal d'écoulement ; le débit total des nappes est passé de 17 à 20 litres par seconde d'une eau ayant une température de 23°. La pression hydrostatique n'a pu être mesurée exactement, le niveau correspondant est à plus de 3 mètres au-dessus du sol ; les expé-

riences faites ont montré que la communication des eaux de la deuxième et de la troisième nappe n'abaissait pas le niveau hydrostatique de la deuxième nappe et n'influait pas sur le débit total; on a donc laissé les deux nappes mélanger leurs eaux. La colonne de $0^m,21$ a été coupée à 68 mètres, 40 mètres de tubes de $0^m,21$ sont restés avec 68 mètres de tubes de $0^m,27$ pour servir à la fois de colonnes d'ascension et de colonnes de retenue; on a laissé aussi dans le trou de sonde les tubes de $0^m,30$ pour éviter de mettre en communication les nappes jaillissantes avec la nappe absorbante des puits et norias. Pour assurer l'écoulement des 2 nappes, huit fentes de 1 mètre de longueur et de 2 centimètres et demi de largeur ont été faites dans la colonne de $0^m,21$, de 103 à 108 mètres, et 6 fentes pareilles dans la colonne de $0^m,27$ entre $66^m,50$ et 68 mètres.

Aucun autre accident ne s'est produit dans le deuxième sondage que la descente de $2^m,50$ de la colonne de $0^m,27$ dont on avait retiré les presses trop tôt; cette descente de la colonne avait intercepté en partie l'écoulement de la première nappe. La colonne a été remontée et remise en place en une heure de travail avec les vis tirant sur un rivoir descendu à l'intérieur; le débit est alors immédiatement revenu à ce qu'il était avant.

Pour permettre de distribuer l'eau à volonté sur le sol ou par le canal d'écoulement (dans ce cas seulement le débit est de 20 litres par seconde), le service des mines a fait placer sur la colonne de $0^m,27$ un tube en tôle de même diamètre avec deux tubulures; chacune de ces tubulures se ferme ou s'ouvre au moyen d'une plaque en tôle garnie de cuir commandée par deux boulons avec écrous qui traversent un collier en fer solidement fixé sur chaque tubulure (*fig.* 4); le tube est fermé à sa partie supérieure par une plaque percée de trous, ce qui met le sondage à l'abri de toute tentative malveillante.

L'analyse faite par M. de Marigny de l'eau de la nappe

jaillissante de 66^{m},30 a donné par 1.000 grammes d'eau les résultats suivants :

	gr.
Silice	0,0250
Oxyde de fer	0,0070
Carbonate de chaux	0,1620
Carbonate de magnésie	0,0360
Sulfate de chaux	0,0391
Chlorure de magnésium	0,0155
Azotate de soude	0,0354
Total	0.3200

La présence de l'acide azotique est ici un fait remarquable. L'eau de la nappe, de 34^{m},20 est aussi extrêmement pure; elle renferme par 1.000 grammes d'eau :

	gr.
Sels insolubles	0,220
Sels solubles	0,120
Total	0.340

Les dépenses du deuxième sondage ont été :

	fr.	
Fournitures et transports	2.616,46	
Main-d'œuvre et surveillance	2.621,85	
Appointements du contre-maître et indemnités diverses	631,68	
Total	5.869,99	5869,99

Il faut ajouter :

mèt.		mèt.	fr.
40	de tubes de	0.21	840,00
68	—	0.27	1.836,00
48	—	0.30	1.440,00
		Total	9.985,99

M. de Marigny a fait les analyses de trois argiles rencontrées dans le sondage n° 2, la première à 8 mètres de profondeur, la deuxième à 12 mètres, la troisième à 17^{m},10. Ces argiles se faisaient remarquer d'une manière spéciale par leur couleur :

N° 1. — *Argile rencontrée à la profondeur de 8 mètres.*

Épaisseur de la couche : 0^{m},80.

Argile de couleur brune tirant sur la couleur du peroxyde de manganèse, renfermant disséminés de petits fragments blancs qui proviennent de coquilles fossiles brisées.

		gr.	
Résidu argileux insoluble dans l'acide chlorhydrique faible.	Silice	0,5880	0,6574
	Alumine.	0,2000	
	Chaux.	0,0106	
	Magnésie.	0,0106	
	Oxyde ferreux.	0,0029	
	Eau.	0,0453	
	Eau hygrométrique.		0,0300
Hydrate d'oxyde de fer. . .	Oxyde ferrique. . . .	0,0408	
	Eau. . . . . ,		0,0476
	Carbonate de chaux.		0,0240
	Carbonate de magnésie. . . .		0,0083
	Carbonate de fer.		0,0290
	Total.		0,9973

D'après la composition du résidu insoluble dans l'acide chlorhydrique faible, l'oxygène de la silice renfermée est triple de l'oxygène des bases combinées. Ce résidu est donc une argile pure.

N° 2. — *Argile bleue recueillie à 12 mètres de profondeur.*

Épaisseur de la couche : 2 mètres.

		gr.	
Résidu argileux insoluble dans l'acide chlorhydrique faible.	Silice	0,5880	0,6472
	Alumine	0,2090	
	Oxyde ferreux. . . .	0,0252	
	Eau.	0,0250	
Hydrate de fer.	Oxyde de fer.	0,0250	0,0290
	Eau.	0,0040	
	Carbonate de chaux.	8,0230	
	— de magnésie.	0,0147	
	— de fer. . . .	0,0261	
	Eau hygrométrique.	0,0280	
		0,9997	

Dans le résidu, insoluble dans l'acide chlorhydrique faible, la quantité d'oxygène de la silice est encore triple de celle des bases.

N° 3. — *Argile verdâtre rencontrée à 17m,10.*

Épaisseur de la couche : 1m,20.

Résidu argileux insoluble dans l'acide chlorhydrique faible.	Silice	0,6364	0,8557
	Alumine	0,1450	
	Oxyde ferreux	0,0330	
	Magnésie	0,0038	
	Eau	0,0375	
Hydrate de fer	Oxyde de fer	0,0480	00,560
	Eau	0,0080	
	Carbonate de chaux		0,0270
	— de magnésie		0,0167
	Eau hygrométrique		0,0140
	Total		0,9694

Le résidu insoluble dans l'acide chlorhydrique faible contient une quantité d'oxygène qui est quatre fois et demie celle de l'oxygène des bases. Ce résidu n'est donc pas une argile pure, mais un mélange d'argile pure et de silice probablement à l'état quartzeux et à un état de très-grande ténuité.

Troisième sondage.

Le troisième sondage a été fait sur le communal de l'Oued el Aleug, à 2,700 mètres au nord du village, près du pont de la route provinciale n° 9, sur la rectification de l'Oued Saf. Ce communal, dont la superficie est de 240 hectares environ, est en nature de terres argileuses compactes qui deviennent marécageuses l'hiver, par les pluies et les débordements de l'Oued Saf, et qui en été se perdent dans tous les sens et deviennent presque absolument improductives. Près de ce communal, se trouvent la forêt et les marais du Mazafran qui donnent à toute cette partie de la plaine une grande insalubrité. Les seules eaux de cette

région, et elles sont abondantes, sont les eaux des sources qui alimentent les marécages de la forêt, récoltées en partie dans les canaux de dessèchement de Ferguen, et les eaux de l'Oued Saf qui coulent à 2 mètres en dessous du communal. Ces eaux ne peuvent être utilisées à l'arrosage des terres du communal, étant pendant l'été entièrement employées aux arrosages des terrains situés en amont de la oute provinciale n° 9.

Une des fermes de M. Lescanne, située vis-à-vis le sondage, était rendue presque inhabitable par les fièvres qui décimaient les habitants, fièvres qui tenaient autant à la mauvaise qualité des eaux d'alimentation qu'aux miasmes délétères de la forêt et des marais. Le troisième sondage avait donc une utilité réelle, et par sa position il devait donner une grande quantité d'eau pouvant permettre de tirer parti du communal du village, puisque le point choisi était à 21 mètres seulement au-dessus du niveau de la mer, c'est-à-dire à 33 mètres en contre-bas du deuxième sondage.

Les terrains traversés par le sondage n° 3 sont les suivants :

NATURE des terrains traversés.	ÉPAISSEUR des couches.	PROFONDEUR du toit des couches au-dessous du sol.
	mèt.	mèt.
Terre végétale et graviers	2,50	0,00
Argile gris foncé	1,70	2,50
Argile jaune	7,30	4,20
Argile jaune brun un peu graveleuse	1,60	11,50
Argile jaune	10,70	13,10
Argile verdâtre	3,20	23,80
Argile bleue avec fossiles	1,10	27,00
Argile blanc jaunâtre	3,70	28,10
Argile verte	5,50	31,80
Argile jaune	6,90	37,30
Argile bleue	3,60	44,20
Argile jaune	15,80	47,80
Argile bleu clair	1,40	60,10
Argile jaune	5,30	64,50
Graviers traversés sur	2,00	69,80
Total	71,80	71,80

Les $71^{m},80$ ont été forés en 16 jours de travail de 20 heures, ce qui donne pour 24 heures de travail effectif une vitesse d'approfondissement (tubage compris) de $5^{m},23$. Il faut dire que les couches de gravier des sondages précédents ont manqué complétement et qu'il n'a été fait usage que de la tarière et de la tarière rubanée.

Deux colonnes de tubes ont été employées jusqu'à la rencontre de la nappe jaillissante :

1° Colonne de $0^{m},27$; profondeur tubée, $16^{m},50$.

2° Colonne de $0^{m},21$; profondeur tubée, $61^{m},20$.

Le trépan étant à $66^{m},10$, s'est tout à coup enfoncé jusqu'à $69^{m},80$; l'eau est alors arrivée avec violence, remplissant le puits de service, et le fossé d'écoulement pouvant à peine débiter l'eau chargée de débris lancée par la source, l'écoulement se faisant à $0^{m},05$ au-dessous du sol. Plusieurs expériences faites par M. l'ingénieur en chef Ville ou par nous, l'une d'elles en présence de M. Lebasteur, inspecteur général des ponts et chaussées et des travaux civils en Algérie, ont donné 51 litres et demi par seconde pendant les premiers jours qui ont suivi le jaillissement; à $0^{m},45$ au-dessous du sol, le débit était de 44 litres par seconde.

Le sondage n'étant pas tubé jusqu'au fond, il était à craindre que des éboulements ne vinssent gêner l'écoulement de la source; cette crainte était naturellement inspirée par les volumineux morceaux arrondis d'argile, quelques-uns du poids de 7 à 8 kilogrammes, que remontait l'eau dans les tubes de $0^{m},21$ (1). On prit le parti de lâcher la colonne de $0^{m},21$ et de la faire descendre jusqu'à $67^{m},50$ sans que le débit fût diminué; les tubes étant dans cette position, M. l'ingénieur en chef Ville trouva un débit de 61 litres par seconde dans le fossé allant

(1) La source a rejeté, entre autres débris, un fragment de tibia d'un animal inconnu.

à l'Oued Saf. Les tubes furent poussés jusqu'à 69m,50, le débit paraissant toujours aussi considérable et l'eau ayant une grande limpidité, lorsque, dans la nuit du 30 au 31 octobre, l'écoulement devint irrégulier comme débit et cessa même complétement pendant quelque temps. Lorsque le 31 M. l'ingénieur en chef se rendit avec nous sur les lieux, l'écoulement avait repris; l'eau était chargée de sables fins argileux et d'argile en suspension, le débit, singulièrement réduit, ne dépassait pas 20 litres par seconde. On pensa que la descente de la colonne de 0m,21 avait été poussée trop loin et avait masqué la nappe; on décida donc de faire le lendemain des fentes à diverses hauteurs dans le bas de la colonne.

Le 1er novembre au matin, l'écoulement avait de nouveau cessé complétement; une cuiller que nous fîmes descendre dans le trou de sonde s'arrêta à 54 mètres, mais par quelques coups frappés l'obstacle fut franchi et l'écoulement reprit; la cuiller ramena un sable argileux et fut retirée chargée et entourée de tampons d'argile. On fit ensuite 6 fentes de 0m,70 de longueur et de 2 centimètres et demi de largeur à 67 mètres de profondeur; le débit augmenta beaucoup par les deux premières fentes, les quatre autres furent sans effet. Quatre fentes nouvelles furent percées à 68 mètres de profondeur sans provoquer une augmentation de débit; les eaux, étant toujours chargées d'argiles, de sables fins et de galets d'argile jaune ou bleue, comblaient rapidement le fossé d'écoulement en amont du déversoir qui servait au calcul du débit. On fit encore quatre fentes à 65m,50 : les deux premières donnèrent une augmentation momentanée considérable du volume d'eau, mais les deux autres fentes n'eurent aucun effet, et le débit revint à ce qu'il était avant l'exécution de cette troisième série de fentes.

En présence du résultat incomplet donné par ces trois séries de fentes, nous fîmes relever la colonne de 0m,21;

mais après l'avoir relevée de 1^{m},50 on dût renoncer à continuer l'opération à cause des efforts qu'elle exigeait et du soulèvement de la colonne de 0^{m},27. Il était d'ailleurs inutile de pousser plus loin ce relèvement qui était sans effet sur le débit ; dans la position nouvelle du pied et des trois séries de fentes, le débit aurait dû revenir à ce qu'il était autrefois, si la diminution tenait à la trop grande descente des tubes, et non pas à une modification dans le régime des eaux à laquelle on ne pouvait rien. La cuiller et plus tard le trépan, pendant huit jours, furent descendus jusqu'à 71^{m},80 pour curer le trou, mettre en suspension les matières, faciliter enfin le dégorgement de la nappe : rien n'y fit : l'eau continua à couler fort trouble, chargée de graviers argileux et d'argile fine ; le débit à 0^{m},40 au-dessus du sol resta à 25 litres par seconde sans affecter aucunement le débit du deuxième sondage. Un tube de 0^{m},27 fermé en haut par une plaque de tôle percée de trous, élève l'eau jusqu'à la tubulure d'écoulement.

Il est possible que le débit de la nappe augmente lorsque le dégorgement sera plus complet et lorsque le curage du trou de sonde pourra être fait, peut-être aussi la nature de la couche aquifère, formée de graviers et de sables essentiellement argileux, a-t-elle occasionné une obstruction partielle des issues qui permettaient d'abord à l'eau d'arriver en si grande abondance.

Voici la composition d'un galet d'argile jaune du poids de 7 kilog. rejeté par la source :

		gr.	
Résidu argileux insoluble dans l'acide chlorhydrique faible.	Silice.	0,5490	0,7830
	Alumine	0,1540	
	Chaux.	0,0062	
	Magnésie	0,0091	
	Oxyde de fer.	0,0117	
	Eau.	0,0530	
	Carbonate de chaux.		0,0460
	— de magnésie		0,0227
	— de fer.		0,0209
Hydrate d'oxyde de fer. . .	Oxyde de fer.	0,0800	0,0934
	Eau.	0,0134	
	Eau hygrométrique		0,0260
			0,992

Dans le résidu argileux, insoluble dans l'acide chlorhydrique étendu, l'oxygène de la silice est à l'oxygène des bases dans le rapport de 3,6 : 1 ; ce résidu peut donc contenir de la silice à un état de grande ténuité non combinée aux bases pour donner de l'argile.

La température de l'eau jaillissante du sondage n° 3 est de 23° ; la composition par 1.000 grammes d'eau est, d'après M. de Marigny :

	gr.
Silice.	0,0220
Oxyde de fer.	0,0040
Carbonate de chaux.	0,0040
Sulfate de chaux.	0,0408
Chlorure de calcium.	0,0065
Chlorure de magnésium. . . .	0,0170
Acetate de soude.	0,0167
	0,2800

Pour terminer nous devons dire qu'à 28m,10 on a trouvé une petite source ascendante qui donnait dans le fossé le faible débit de 6 litres par minute.

Les dépenses de tout genre occasionnées par le sondage n° 3 sont :

	fr.	
Fournitures et transports. . .	84,600	
Main-d'œuvre et surveillance.	1.188,600	
Indemnités diverses.	135,225	
	1.408,425	1.408,425

Il faut ajouter :

60 mètres de tubes de $0^m,21$.	1.260,000
15 mètres — $0^m,29$.	405,000
Total.	3.073,425

Du rapprochement des deux premiers sondages il résulte que les couches qui se correspondent sûrement sont :

NATURE DES COUCHES.	PREMIER SONDAGE.			DEUXIÈME SONDAGE.		
	Profondeur du toit.	Profondeur du mur.	Épaisseur de la couche	Profondeur du toit.	Profondeur du mur.	Épaisseur de la couche
	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.
Gravier.	12,00	17,30	5,30	15,20	16,30	1,10
Argile marron.	19,70	22,20	2,50	18,30	24,30	6,00
Argile marron.	30,30	31,20	0,90	30,50	32,60	2,10
Gravier.	32,20	33,15	0,95	34,20	37,50	3,30
Argile marbrée.	44,65	45,65	1,00	46,90	47,40	0,50
Argile graveleuse.	49,90	50,30	0,40	48,10	49,49	1,30
Argile rouge graveleuse	59,50	65,50	6,00	53,25	63,80	10,55
Graviers.	67,10	70,80	3,70	66,30	71,30	5,00
Argile bleuâtre.	88,10	95,50	7,40	71,30	82,40	11,10
Argile jaune ou rougeâtre	95,50	112,70	17,20	82,40	102,30	19,90
Graviers.	112,70	»	»	112,30	»	»

Cette correspondance donne la coupe de la *fig.* 3, Pl. VIII, qui accuse, comme le tableau précédent lui-même, la disposition lenticulaire des couches.

Nous ferons remarquer d'une manière particulière l'absence, dans le sondage n° 2, de la couche d'argile jaune, qui s'étend de $70^m,80$ de profondeur à $82^m,10$ (*fig*, 3), et qui sépare les deux couches de gravier du sondage n° 1, ces deux couches de gravier se réduisant à une seule qui donne la nappe jaillissante du village. Un fait important à signaler, c'est que la température des eaux des nappes supérieures

du sondage n° 1 n'a pas été modifiée par la nappe de $67^m,10$, tandis qu'elle a été élevée d'un degré par la nappe de $82^m,10$ en même temps que le niveau général était porté dans le trou de sonde à $0^m,30$ au-dessous du sol; dans les deux cas cependant il n'y avait pas écoulement de l'eau au sol, mais dans le second cet écoulement pouvait être remplacé en partie par l'absorption des nappes supérieures due à une élévation du niveau de 3 mètres environ.

Si l'on admet que la nappe aquifère qui a donné les beaux résultats des sondages n°s 2 et 3 passe par les trois points situés à $67^m,10$, 66 mètres et $69^m,80$ au-dessous du sol, il est facile de déterminer la direction et l'inclinaison du plan passant par ces trois points, la ligne de direction est la ligne *ab* tracée sur le plan coté *fig.* 2, Pl. VIII; mais le niveau de 5 mètres au-dessous du sol n'ayant été atteint qu'à $69^m,20$ et non à $67^m,10$, si l'on faisait passer la nappe par les points situés à $69^m,20$, 66 mètres et $69^m,80$, la direction serait la ligne *cd* de la *fig.* 2. Il convient entre ces deux directions de prendre la direction moyenne AB qui, par rapport au méridien, est dirigée E. 30° N., la ligne de plus grande pente est vers le N.-O.

Du deuxième au troisième sondage les couches d'argile présentent de telles variations de couleurs que l'assimilation des couches n'est plus possible, mais la petite nappe jaillissante qui s'est fait connaître à $28^m,10$ doit probablement correspondre à la nappe jaillissante trouvée à $34^m,20$ dans le deuxième sondage, et à la nappe ascendante rencontrée à $32^m,20$ dans le sondage abandonné. L'intersection de la nappe d'eau supposée plane par le plan vertical passant par l'axe de la route reportée sur la *fig.* 1, montre qu'à 4 kilomètres de Blidah cette nappe serait rencontrée à 125 mètres de profondeur. Le puits de 80 mètres sans eau fait dans la ferme située au quatrième kilomètre donnerait donc de l'eau ascendante s'il était fait dans le fond un trou de sonde de 45 mètres environ.

Les directions des couches dans les environs de Oued el Aleug et sur le bord de l'Atlas font passer les affleurements de ces couches sous la rivière de la Chiffa; l'alimentation des nappes est donc certainement due en grande partie à l'absorption des eaux de cette rivière; par suite la composition des eaux artésiennes doit se rapprocher beaucoup de celle des eaux de la Chiffa et des eaux des torrents ou sources de l'Atlas aux environs de Blidah, et diffère sensiblement des eaux du Sahel qui prennent naissance dans le terrain tertiaire supérieur.

On pourra juger de l'exactitude du fait en comparant les analyses précédemment données, faites en 1864, aux analyses des eaux de la Chiffa et de l'Oued el Kébir faites en 1848 et 1849, relatées dans l'ouvrage de M. Ville intitulé : *Recherches sur les roches, les eaux et les gîtes minéraux des provinces d'Oran et d'Alger.*

	EAU de la Chiffa au débouché de cette rivière dans la Métidja. 18 mai 1849.	EAU de l'Oued Kébir qui alimente Blidah. Janvier 1848.
	gram.	gram.
Chlorure de sodium	0,0124	0,0291
Chlorure de magnésium	0,0167	0,0070
Id. de calcium	0,0038	0,0196
Sulfate de magnésie	0,0646	traces
Sulfate de chaux	0,0385	0,0141
Carbonate de chaux	0,1401	0,0780
Carbonate de magnésie	0,0113	0,0134
Carbonate de fer	0,0027	0,0088
Silice	0,0030	»
	0,2631 (de Marigny)	0,1703 (Ville)

Les deux analyses suivantes confirment comme les précédentes les analogies de composition des eaux de l'Atlas près Blidah et des eaux artésiennes d'Oued el Aleug.

	EAU de l'Oued Kébir. (1852)	EAU de la fontaine fraiche. (1852)
	gram.	gram.
Silice..	0,0010	0,0130
Carbonate de chaux.	0,1260	0,0980
Carbonate de magnésie.	0,0384	0,0310
Carbonate de fer.	0,0027	0,0027
Sulfate de chaux..	»	0,0041
Sulfate de magnésie.	0,0363	0,0254
Chlorure de sodium.	0,0449	0,0439
	0,2443 (de Marigny)	0,2181 (de Marigny)

On sait d'ailleurs que la Chiffa et l'Oued Kébir se réunissent à peu de distance du pont de la Chiffa sur la route de Laghouat et que la fontaine fraîche est une source située dans les gorges de l'Oued el Kébir dont les eaux servent à l'alimentation de Blidah. Pour toutes ces eaux artésiennes ou de l'Oued Chiffa, on remarquera la très-faible quantité totale des sels renfermés et les petites quantités de sulfate de chaux et de sel marin.

Les analyses des eaux du Sahel voisines de l'Oued el Aleug montrent au contraire une différence de composition très-grande avec les eaux artésiennes des puits d'Oued-el-Aleug et avec les eaux des torrents de l'Atlas. Nous en donnons plusieurs exemples.

Poids total des sels par kilogramme d'eau.

	EAU de la fontaine de Douaouda.		EAU de Bou Ismaël.
	gram.		gram.
Silice.	0,0060	Chlorure de sodium.	0,1527
Oxyde de fer.	0,0020	Chlorure de calcium.	0,1400
Carbonate de chaux.	0,3420	Chlorure de magnésium.	0,0834
Carbonate de magnésie.	0,0198	Sulfate de chaux.	0,0444
Sulfate de chaux.	0,0485	Carbonate de chaux.	0,0840
Chlorure de calcaire.	0,0966	Carbonate de magnésie.	0,0200
Chlorure de magnésium.	0,1025	Silice.	0,0020
Chlorure de sodium.	0,3712		
Chlorure de potassium.	0,0304		
		Total.	0,5228
		(Simon)	
Total.	0,6007		
(Simon)			

	EAU de la source Khodja Berse près le Mazafran.		EAU de la source qui alimente Tagoureith
	gram.		gram.
Silice.	0,0160	Silice.	0,0160
Oxyde de fer.	0,0120	Oxyde de fer.	0,0060
Carbonate de chaux.	0,2080	Carbonate de chaux.	0,3280
Carbonate de magnésie.	0,0666	Carbonate de magnésie.	0,0140
Sulfate de chaux.	0,0608	Sulfate de chaux.	0,0266
Chlorure de magnésie.	0,0411	Chlorure de calcium.	0,0272
Chlorure de sodium.	0,1130	Chlorure de magnésium.	0,0548
Nitrate de soude.	0,0105	Chlorure de potassium.	0,0120
		Chlorure de sodium.	0,1638
		Azotate de soude.	0,0116
Total.	0,5280		
(Simon)			
		Total.	0,6600
		(Simon)	

Ces eaux se distinguent nettement des précédentes par une quantité totale de sels beaucoup plus élevée, due surtout à une augmentation très-grande des chlorures et des carbonates.

Outils de sondage.

Il nous reste, pour terminer ce rapport, à décrire quelques-uns des outils employés nouvellement dans la province d'Alger et notamment à Oued el Aleug et à Métidja qui témoignent de l'intelligence des maîtres sondeurs MM. Purtschet fils et Saury, attachés au service des mines. Ces outils ont servi aux opérations qui ont dû être faites dans les sondages d'Oued el Aleug et peuvent être employés à des opérations analogues.

Outil à chute libre de M. Clément Purtschet fils.

M. Ville a fait connaître dans les *Annales des mines* un instrument à chute libre de l'invention de M. Marc Saury; celui dont nous donnons les dessins (*fig.* 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, Pl. VIII), construit par M. Clément Purtschet fils, est aussi remarquable que l'instrument Saury, comme simplicité et comme bon fonctionnement; il est destiné à rendre les plus grands services dans les sondages, pouvant se prêter aussi bien aux grands diamètres qu'aux diamètres de $0^m,12$ et $0^m,10$.

Le corps central plein A représenté dans la *fig.* 12 est suspendu à la ligne des tiges et pénètre dans le cylindre creux B dont les figures 10 et 11 donnent la disposition; ce cylindre creux B porte le trépan au moyen d'un raccord fixé à la partie inférieure par deux clavettes *a* et *b*, il est porté par le cylindre A quand les parties supérieures des entailles longitudinales *g* de $0^m,50$ de longueur renforcées par les plaques *d* s'appuient sur la clavette en acier D qui traverse le corps central A; au contraire, quand cette clavette D est placée dans les fentes *e* qui règnent tout le long du cylindre B, ce cylindre et le trépan tombent et cette chute est utilisée pour briser la roche. Si l'on suppose l'outil descendu pour la première fois dans le trou de sonde, le

corps central A portant le corps cylindrique extérieur B par la clavette en acier D (*fig.* 15 et 16) engagée à la partie supérieure de l'entaille longitudinale *g*, en frappant le balancier sur le ressort du bas, il y aura un contre-coup qui fera sauter le cylindre creux B, et séparera un moment la clavette en acier D de l'entaille *g*; en tournant alors légèrement la tête de sonde, ce qui se fait sans effort appréciable, on fera cesser la prise du cylindre creux B. Ce cylindre et le trépan tomberont en frappant sur le fond du trou de sonde; si l'on remonte ensuite le balancier, la clavette en acier D du corps intérieur A descendra le long de la fente *e* du cylindre creux B et viendra se placer en face les entailles longitudinales de *g*, de 0,30 de longueur; la prise de l'outil se fera alors en tournant légèrement la tête de sonde dans le sens contraire du précédent pour placer la clavette dans les entailles *g*, et en abaissant ensuite le balancier. La hauteur de la chute du trépan peut être réglée à volonté, la hauteur maximum que l'instrument dont nous donnons les dessins permet d'obtenir est de 1 mètre. Pour faciliter le déclanchement du cylindre B, on peut arrondir la partie supérieure des entailles *g* et de la clavette D; alors on peut même se dispenser de tourner la tête de sonde, quand le balancier frappe sur le ressort inférieur, mais la clavette et le bord de l'entaille reçoivent des chocs qu'il importe d'éviter, parce qu'ils usent rapidement les pièces et que la prise de l'outil se fait mal avec les pièces usées. Quand la clavette D est en prise et que le trépan est suspendu, le déclanchement peut se faire sans choc du balancier sur le ressort inférieur en tournant la tête de sonde par un effort suffisant. Cette manœuvre, sans utilité d'ailleurs, use rapidement la clavette et le bord supérieur de l'entaille.

Les résultats obtenus avec l'instrument de M. Purtschet fils aux sondages de l'Oued el Aleug sont aussi satisfaisants que possible.

Élargisseur et coupe-tuyaux de M. Purtschet fils.

Le même outil sert à élargir à la base des tubes pour permettre la descente des colonnes et à couper les tuyaux soit circulairement, pour enlever des portions de colonnes qu'on ne peut ou ne veut arracher entièrement, soit longitudinalement pour faire des fentes et donner une issue facile à des nappes. Cet outil est représenté dans la *fig.* 5, Pl. VIII. Il se compose de deux tiges *a* et *b* de 0,04 de côté et de $1^m.50$ de longueur soudées dans le haut et faisant naturellement ressort; on limite à volonté l'écartement des deux branches en changeant les bagues inférieures A. Ces branches pour élargir se terminent par de larges oreilles *e*; pour couper les tuyaux ou faire des fentes, on place des tranchants en acier B ou C dans les trous C placés au-dessus des oreilles; suivant la disposition de ces tranchants, on coupe les tuyaux circulairement ou longitudinalement. Quand on veut introduire l'outil élargisseur, les branches se resserrent d'elles-mêmes dans les tuyaux, mais quand les tranchants sont montés pour couper les colonnes, il faut fermer les branches avec une bonne cordelette préalablement à l'introduction dans les tubes; à cette cordelette on attache la glissière, ce qui permet, quand l'outil est arrivé à la position, de rompre la cordelette ou de la faire tomber pour faire tendre le ressort; on retire ensuite la glissière avant de faire les fentes.

C'est avec cet outil qu'on a élargi les trous de sonde de Oued el Aleug pour descendre les colonnes, qu'on a fait les fentes longitudinales ayant donné issue aux eaux des nappes des sondages n° 2 et n° 3, enfin qu'on a coupé la colonne de $0^m,27$ à 68 mètres au-dessous du sol au sondage n° 2 pour retirer et économiser 68 mètres de lattes en laissant les eaux des deux nappes de $66^m,30$ et de 102 mètres se mélanger.

Outil Saury pour arracher les colonnes de tubes.

Cet outil, représenté *fig.* 6, Pl. VIII, permet de prendre es colonnes par le pied. Il est formé d'une sorte de compas dont une branche *b*, seule mobile est écartée au moyen d'une fourche *f*, suspendue à la glissière, qui embrasse une frette *c* dans l'intérieur de laquelle est un coin *d*, la fourche, la frette et le coin sont traversés par une clavette *e* qui les rend solidaires; c'est le mouvement d'ascension ou de descente du coin qui fait ouvrir ou fermer la branche mobile et permet ainsi de prendre les colonnes sous le pied du dernier tube ou de faire cesser la prise si l'opération de l'arrachement est reconnue impossible.

Coupe-tuyaux Saury.

Ces divers coupe-tuyaux, au nombre de trois, sont représentés par les *fig.* 7, 8, 9 et 10, Pl. VIII; ils peuvent servir à couper circulairement ou longitudinalement les tubes, et être employés aussi à l'arrachement des colonnes.

La *fig.* 7 représente un coupe-tuyaux pour tubes de petit diamètre, $0^m,10$, $0^m,12$ ou $0^m,15$. Une sorte d'oreille renversée, aciérée et tranchante à son extrémité est mobile autour d'un axe logé dans un renflement inférieur des tiges contre lequel l'oreille vient s'appuyer. Quand l'oreille est rabattue, selon qu'on tourne ou qu'on bat, on coupe la tôle suivant des cercles ou suivant des génératrices; si l'oreille est élargie, pour s'appuyer sur une étendue assez grande de tôle, l'outil pourra servir à l'arrachement; mais dans tous les cas l'oreille en prise ne peut jamais céder à une traction directe. Pour descendre ou remonter l'outil, on relève l'oreille au moyen d'une corde tirant sur une tringle en fer boulonnée à l'extrémité de cette oreille. Pour les diamètres de $0^m,18$ à $0^m,33$, on a recours à l'outil à deux

oreilles représenté par la *fig.* 9, qu'il est inutile de décrire après l'outil précédent; les deux tiges commandant les oreilles sont réunies d'un même côté des grosses tiges, et forment une fourche sur laquelle on peut agir avec la glissière pour faire mordre les oreilles ou pour les relever.

C'est un outil du même genre qui est représenté par la *fig.* 9, outil fait avec un des gros trépans du matériel du service des mines. Les oreilles sont commandées par des chaînes en fer fixées à une couronne enfilée sur le trépan, reliée à la glissière par une fourche en fer. Les oreilles, quand on veut arracher les colonnes, sont larges et dentelées sur toute leur surface; on place en outre dessus des grains d'orge en bon acier fondu.

STATISTIQUE MINÉRALE ET MÉTALLURGIQUE

DE

BELGIQUE

EN 1862.

(Extrait des renseignements statistiques recueillis par le département des travaux publics. Bruxelles, 1863 et 1864.)

Par feu M. PIRON, ingénieur des mines.

PREMIÈRE PARTIE.

INDUSTRIE HOUILLÈRE.

1° *Nombre et étendue des mines de houille concédées, tolérées provisoirement et en exploitation, à la date du* 31 *décembre* 1862 (*) *dans le royaume de Belgique.*

	MINES					
	concédées.		tolérées provisoirement.		en exploitation.	
	Nombre.	Étendue.	Nombre.	Étendue.	Nombre.	Étendue.
		hectares.		hectares.		hectares.
En 1862. . .	284	176.421	21	12.420	180	89.223
En 1861. . .	268	170.792	23	12.960	193	93.578

(*) Les chiffres de ce tableau ne donnent pas avec une exactitude parfaitement rigoureuse l'étendue superficielle réellement concédée ou attribuée à l'exploitation. Il existe dans certaines localités de la province du Hainaut, spécialement au Heny, un assez grand nombre d'exploitations houillères situées les unes sous les autres dans la même zone de terrain. Ce sont des concessions par couches et par veines instituées autrefois par les seigneurs hauts justiciers.

2° *Tableau indiquant les siéges d'exploitation en activité, en réserve ou en construction dans le royaume pour les années 1862 et 1861.*

	SIÉGES D'EXPLOITATION en activité.	en réserve.	en construction.
En 1862. .	335	138	39
En 1861. .	343	126	50

Plusieurs de ces siéges d'exploitation possèdent des galaries souterraines aboutissant au jour et servant, soit au transport et à l'extraction des produits, soit à l'écoulement des eaux de la mine. Pour les années 1862 et 1861, le nombre des galeries de chacune de ces deux catégories se répartit comme il suit :

3° *Nombre de galeries aboutissant au jour dans le royaume de Belgique*

	GALERIES SERVANT à l'extraction.	à l'écoulement.
En 1862. . .	56	211
En 1861. . .	58	209

4° *Moyens mécaniques d'extraction, d'épuisement et d'aérage en 1862 dans le royaume de Belgique.*

APPAREILS ET MACHINES employés.	MOYENS MÉCANIQUES (*). Machines à vapeur. Nombre.	Machines à vapeur. Force en chevaux.	Manéges. Nombre.	Manéges. Force en chevaux.	Treuils. Nombre.	Treuils. Force en chevaux.
A l'extraction de la houille.	413	22,497	12	11	34	82
A l'épuisement des eaux. .	156	23,031				
A l'aérage.	237	3,715				

(*) Outre les appareils mécaniques indiqués ci-dessus, on emploie dans les charbonnages du Hainaut à divers usages 210 machines à vapeur d'une force totale de 1,577 chevaux.

5° Nombre des ouvriers employés à l'exploitation de la houille.

En 1862. 80.302
En 1861. 81.675

6° Diverses catégories d'ouvriers et salaires.

		NOMBRE.	RÉPARTITION relative sur 1.000 ouvriers.	SALAIRE moyen.
				fr.
Travaillant à l'intérieur.	Hommes.	43.180	714	2,88
	Femmes.	5.341	88	1,58
	Garçons. } au-dessous	8.545	141	1,37
	Filles. } de 16 ans.	3.345	57	1,13
	Totaux.	60.411	1.000	
Travaillant au jour.	Hommes.	13.269	667	2,16
	Femmes.	2.983	149	1,25
	Garçons.	1.819	91	1,01
	Filles.	1.820	93	0,83
	Totaux.	19.891	1.000	

7° Qualités, quantités et prix de vente moyens de la houille extraite dans le royaume en 1862.

QUALITÉS.		TONNEAUX.	PRIX de vente moyen au tonneau de 1.000 kilogr.
			fr.
1° Houille maigre brûlant presque sans flamme.	gros	5.356	18,43
	menu gailleteux.	646.281	7,83
	menu	39.232	9,01
2° Houille maigre à courte flamme.	gros	174.040	12,98
	menu gailleteux.	672.600	6,20
3° Houille sèche à longue flamme.	gros	69.760	22,31
	gailleteries	208.880	20,94
	menu gailleteux.	1.491.930	10,39
4° Houille grasse à longue flamme.	gros	394.739	19,19
	menu gailleteux.	3.984.358	9,59
5° Houille grasse maréchale.	gros	44.609	19,58
	menu gailleteux.	2.203.860	10,62
Total.		9.935.645	
Valeur.		104.485.220 fr.	

Pour l'année 1861. { Total. . . . . 10.057.163 tonneaux.
Valeur. . . . . 110.014.977 francs.

8° *Valeur totale de la houille extraite comparée aux dépenses occasionnées par le payement des salaires et autres frais.*

		En 1862.	En 1861.
		francs.	francs.
Valeur totale de la houille extraite		104.485.220	110.014.977
Dépenses.	Salaires des ouvriers	55.550.644	59.184.080
	Autres frais	41.218.513	41.055.198
Dépense totale		196.769.157	100.239.278

9° *Production, consommation à l'intérieur et exportation de la houille*

(Tonneaux de 1.000 kilogrammes).

		En 1862.	En 1861.
		tonn.	tonn.
Production		9.935.645	10.057.163
Consommation à l'intérieur		7.043.665	6.678.112
Exportation.	France	2.743.014	3.218.153
	Pays-Bas	137.619	145.611
	Prusse	3.002	3.384
	Grand-duché de Luxembourg	991	5.220
	Autres pays	7.354	6.683
Total des exportations		2.891.980	3.379.051
		fr.	fr.
Valeur des exportations		48.379.700	54.064.816

DEUXIÈME PARTIE.

MINES MÉTALLIQUES.

1° *Nombre et étendue des mines concédées à la fin de l'année 1862.*

CONCESSIONS.	Minerai de fer seul.	Fer associé à d'autres minerais.	Calamine seule.	Calamine, zinc et plomb associés.	Plomb seul.	Zinc, plomb et pyrite.	Plomb et pyrite.	Pyrite.	Galène et baryte plombifère.	Manganèse.	Manganèse et pyrite.	Cuivre.	Schiste alumineux.	Total en 1862.	Total en 1861.
Concessions	20	1	2	11	10	24	5	8	1	1	1	1	4	89	89
Étendue (hectares)	11.742	9.654	2.883	3.564	7.249	8.170	1.089	2.039	88	807	239	115	134	47.773	46.503

2° *Mines métalliques. — Moyens mécaniques employés pour l'extraction des minerais et l'épuisement des eaux.*

	EN 1862.		EN 1861.	
	Nombre.	Force en chevaux.	Nombre.	Force en chevaux.
Machines à vapeur.	139	6.187	149	5.973
Manéges.	16	94	12	13
Appareils hydrauliques. . .	1	200	1	200
Treuils.	1.520	1.693	1.676	1.760

3° *Nombre des siéges d'exploitation en activité.*

En 1862.	A ciel ouvert.	121
	Souterrains.	1.072
En 1861.	A ciel ouvert.	87
	Souterrains.	1.147

4° *Nombre des ouvriers.*

En 1862. . . . . 11.447
En 1861. . . . . 11.456

5° *Mines libres. — Nombre des communes sur le territoire desquelles l'exploitation du minerai de fer a lieu en vertu de simples déclarations.*

En 1862. 104
En 1861. 98

6° *Produits des mines métalliques.*

		EN 1862.	EN 1861.
Minerai de blende.	quantités (tonnes).	18.884	17.267
	valeur (francs). . .	814.460	693.999
Id. de calamine.	quantités (tonnes).	55.124	55.880
	valeur (francs). . .	1.968.798	1.799.194
Id. de galène.	quantités (tonnes).	17.434	10.800
	valeur (francs). . .	2.058.410	2.087.321
Id. de pyrite.	quantités (tonnes).	46.430	53.116
	valeur (francs). . .	951.625	1.424.533
Id. de fer (mine lavée).	quantités (tonnes).	859.926	839.115
	valeur (francs). . .	8.145.390	9.476.484

TROISIÈME PARTIE.

CARRIÈRES.

	EN 1862.	EN 1861.
Nombre de carrières	1.545	1.411
Nombre de siéges d'exploitation en activité. — A ciel ouvert	1.308	1.205
Nombre de siéges d'exploitation en activité. — Souterrains	418	397
Nombre d'ouvriers	19.183	18.190
Nombre de chevaux	712	
Machines d'épuisement et d'extraction. — Nombre	140	
Machines d'épuisement et d'extraction. — Force totale (chevaux)	1.779	
Manége. — Nombre	86	
Manége. — Force totale (chevaux)	169	
Treuils. — Nombre	564	
Treuils. — Nombre total d'hommes employés à les mouvoir	860	
Appareils hydrauliques. — Nombre	10	
Appareils hydrauliques. — Force totale (chevaux)	22	
Valeur des produits de l'extraction	fr. 21.324.015	fr. 19.341.506

QUATRIÈME PARTIE.

ACCIDENTS.

1° *Nombre des ouvriers mineurs, nombre des sinistres et nombre des victimes.*

	EN 1862.	EN 1861.
Nombre des ouvriers	93.131	93.131
Accidents	234	226
Blessés	101	
Tués	262	
Total des victimes	363	291

2° Classement des accidents sous le rapport de la fréquence.

	EN 1862.	EN 1861.
Éboulements, chocs de pierre, de blocs de houille, etc.	77	87
Causes diverses	59	50
Accidents divers { dans les puits	36	31
Accidents divers { par les cordes et les chaînes	35	25
Emploi de la poudre	16	17
Accidents par les échelles	5	8
Coups de feu	5	7
Coups d'eau	1	1
Total	234	226

CINQUIÈME PARTIE.

REDEVANCE DES MINES EN 1862 (*).

	MINES de houille.	MINES métalliques.	MINES de houille et mines métalliques.
	fr.	fr.	fr.
Redevance fixe	12.906,66	4.970,75	18.877,41
Redevance proportionnelle	327.036,54	28.963,03	355.999,57
Total en 1862	339.943,20	33.933,78	373.876,98
Total en 1861	386.176,61	32.293,43	418.470,04

(*) Non compris les additionnels qui s'élèvent à 10 p. 100 de la redevance principale, augmentée de 5 p. 100 sur le principal en outre du dixième.

SIXIÈME PARTIE.

MACHINES A VAPEUR. — NOMBRE, FORCE ET RÉPARTITION.

DÉSIGNATION.		MOTEURS.		SIMPLES générateurs.	CHAUDIÈRES en activité.
		Nombre.	Force en chevaux.		
Machines fixes. . .	En 1862.	4.998	112.407	801	6.422
	En 1861.	4.672	105.694	»	»
Bateaux à vapeur.	En 1862.	52	2.254	»	59
	En 1861.	45	1.485	»	»
Locomotives. . . .	En 1862.	628	73.419	»	630
	En 1861.	589	68.138	»	»

SEPTIÈME PARTIE.

INDUSTRIE MÉTALLURGIQUE.

Usines métallurgiques.

Le nombre total des établissements métallurgiques dans le royaume s'élevait en 1862 à 452 (462 en 1861).

363 servant au traitement et à la préparation du fer.
4 *idem*. . . . . de l'acier.
1 *idem*. . . . . du plomb.
10 *idem*. . . . . du cuivre.
7 *idem*. . . . . du zinc.
22 *idem*. . . . . de l'alun.
45 servant à la fabrication du verre.
452

1° Moteurs employés.

Les moteurs employés par ces établissements représentent une force totale de 18.248 chevaux-vapeur selon le détail suivant :

	ÉTABLISSEMENTS métallurgiques.	MOTEURS EMPLOYÉS.					
		Manéges.		Roues hydrauliques.		Machines à vapeur.	
	Nombre.	Nombre.	Force en chevaux.	Nombre.	Force en chevaux.	Nombre.	Force en chevaux.
En 1862.	452	29	29	342	3.971	484	14.248
En 1861.	462	30	30	388	4.217	440	13.328

2° Usines servant au traitement et à la préparation de la fonte et du fer.

	Usines.	Ouvriers.	Hauts fourneaux.		Fonderies.		Fabriques de fer.		Usines à ouvrer le fer.	
			Poids produit.	Valeur.	Poids produit.	Valeur.	Poids produit.	Valeur.	Poids produit.	Valeur.
			tonneaux.	francs.	tonneaux.	francs.	tonneaux.	francs.	tonneaux.	francs.
En 1862.	363	16.992	356.550	28.566.942	65.638	10.935.765	237.060	43.610.788	23.393	7.380.771
En 1861.	374	15.365	311.838	25.117.654	57.498	10.798.060	211.600	39.377.481	25.319	8.093.785

3° Usines servant au traitement et à la préparation de l'acier, du plomb, du cuivre et du zinc.

	Acier.				Plomb.				Cuivre.				Zinc.			
	Usines.	Ouvriers.	Poids produit.	Valeur.	Usines.	Ouvriers.	Poids produit.	Valeur.	Usines.	Ouvriers.	Poids produit.	Valeur.	Usines.	Ouvriers.	Poids produit.	Valeur.
			ton.	fr.			ton.	fr.			ton.	fr.			ton.	fr.
En 1862	4	300	2.293	1.120.000	10	220	7.891	3.696.658	7	198	1.463	4.096.000	22	2.481	39.640	18.709.615
En 1861	4	330	2.675	900.000	9	489	5.366	2.304.148	7	197	1.268	3.579.600	22	2.620	41.324	20.187.250

4° Usines servant à la préparation de l'alun et du verre.

	Alun.						Verre.		
	Usines.	Ouvriers			Produits.		Usines.	Ouvriers.	Valeur des produits.
		mineurs.	de l'usine.	Ensemble.	Poids en tonneaux.	Valeur.			
						fr.			fr.
En 1862.	1	»	86	86	1.150	185.540	45	5.160	14.192.400
En 1861.	1	»	98	98	1.189	222.626	45	5.705	15.373.500

Usines sidérurgiques.

On a classé les usines sidérurgiques en quatre grandes divisions comprenant :

La première, les usines pour la fabrication de la fonte (*hauts fourneaux*) ;

La seconde, les usines pour l'élaboration de la fonte (*fonderies*) ;

La troisième, les *fabriques de fer proprement dites ;*

La quatrième, les usines à ouvrer le fer.

Voici la répartition de ces usines :

1°

	HAUTS FOURNEAUX.					Fonderies.	Fabriques de fer.	Usines à ouvrer le fer.
	En activité.		En non-activité.		Total.			
	Au coke.	Au charbon de bois.	Au coke.	Au charbon de bois.				
En 1862.	45	5	33	31	114	139	84	76
En 1861.	42	6	34	37	119	129	86	82

2° *Usines pour la fabrication de la fonte* (hauts fourneaux).

	Nombre des fourneaux.	MOTEURS EMPLOYÉS.								Nombre des ouvriers.	PRODUITS.				
		Roues hydrauliques				Machines à vapeur					Tonneaux		Valeur du tonneau.		Valeur totale.
		en activité.		en non-activité.		en activité.		en non-activité.			au coke.	au bois.	au coke.	au bois.	
		Nombre.	Force.	Nombre.	Force.	Nombre.	Force.	Nombre.	Force.				fr.	fr.	fr.
En 1862.	114	5	71	39	425	85	4.042	22	1.065	4.353	352.939	3.611	79,54	138,78	28.566.912
En 1861.	119	6	81	52	506	79	4.034	28	1.468	3.914	305.935	5.903	79,54	132,41	25.117.654

3° *Usines pour l'élaboration de la fonte (fonderies).*

	Usines en activité.	Fours à reverbère.	Cubilots.	MOTEURS: Manéges. Nombres.	MOTEURS: Manéges. Force.	MOTEURS: Roues hydrauliques. Nombres.	MOTEURS: Roues hydrauliques. Force.	MOTEURS: Machines à vapeur. Nombres.	MOTEURS: Machines à vapeur. Force.	Ouvriers	PRODUITS: Tonneaux.	PRODUITS: Valeurs.
					chev.		chev.		chev.			
En 1862..	133	20	194	2	2	12	110	86	578	3155	65.638	10.935.765
En 1861..	129	20	192	3	4	13	152	81	546	2992	57.496	10.798.680

4° *Fabriques de fer proprement dites.*

	Usines.	FOYERS au charbon de bois: d'affineries.	FOYERS au charbon de bois: de chaufferies.	FOURS: de fineries.	FOURS: à puddler.	FOURS: à réchauffer	Presse à cingler.	Marteaux frontaux.	Martinets.	Cisailles, scies circulaires.	LAMINOIR (train): Ébaucheurs.	LAMINOIR (train): Gros fer marchand.	LAMINOIR (train): Petit fer marchand.	LAMINOIR (train): Rails.	LAMINOIR (train): Tôles.	Fonderies.	MOTEURS EMPLOYÉS: Roues hydrauliques. Nombre.	MOTEURS EMPLOYÉS: Roues hydrauliques. Force chevaux	MOTEURS EMPLOYÉS: Machines à vapeur. Nombre.	MOTEURS EMPLOYÉS: Machines à vapeur. Force chevaux.	Ouvriers.	PRODUITS: Tonneaux.	PRODUITS: Valeur.
En 1862	84	65	20	7	390	181	27	79	27	123	44	31	32	10	20	14	129	1.498	181	6.156	8.255	237.060	43.610.788
En 1861	86	79	21	7	239	165	21	87	30	109	38	24	31	12	20	14	148	1.632	140	4.949	7.217	211.600	39.377.481

5° *Usines à ouvrer le fer.*

	Usines.	FOYERS de chaufferie: au charbon de bois.	FOYERS de chaufferie: à la houille.	Laminoirs.	Martinets.	Marteaux à platines.	Fonderies	Tréfileries.	MOTEURS: Roues hydrauliques. Nombre.	MOTEURS: Roues hydrauliques. Force chevaux.	MOTEURS: Machines à vapeur. Nombre.	MOTEURS: Machines à vapeur. Force chevaux.	Ouvriers.	PRODUITS: Tonneaux.	PRODUITS: Valeurs.
En 1862	76	2	233	35	69	42	5	5	123	1.341	27	611	1.229	23.293	7.380.771
En 1861	82	6	229	35	37	45	6	6	136	1.422	27	611	1.242	25.319	8.093.785

DÉBOUCHÉS DES INDUSTRIES MINÉRALE ET MÉTALLURGIQUE.

1° *Exportation de minerai de fer.*

Pays de destination : France, Angleterre, Pays-Bas, Zollverein.

En 1862. . . . . 178.921.679 kilog.
En 1861. . . . . 129.924.801 —

2° *Exportation de pyrite de fer.*

Pays de destination : Prusse, Angleterre, France.

En 1862. . . . . 21.535.036 kilog.
En 1861. . . . . 29.202.961 —

3° *Exportation de produits des principales branches de l'industrie métallurgique en 1862.*

Pays de destination : Russie, Danemark, Suède et Norwége, Villes anséatiques, Prusse, grand-duché de Luxembourg, Pays-Bas, Angleterre, France, Portugal, Espagne, Italie, Suisse, Autriche, Grèce, Turquie, Égypte, Sénégambie, États-Unis, Possessions anglaises en Amérique, Cuba, Brésil, Rio de la Plata, Chili, Pérou, etc.

PAYS DE DESTINATION.	EXPORTATION DU FER.			EXPORTATION du zinc.	
	Fonte en gueuse, fonte épurée et vieux fer.	Fonte de fer ouvrée, ouvrages en fer battu.	Fer battu, étiré ou laminé, non compris dans les clous et fil de fer.	Tontenague (zinc brut).	Zinc laminé.
	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
Prusse.	5.864.747	53.630	6.759.354	16.326	22.578
Pays-Bas.	1.372.826	825.778	7.438.562	1.973.146	2.154.809
France.	26.577.114	607.793	55.300.772	11.114.348	93.213
Italie.	»	2.253.208	5.279.267	2.000	649.439
Autres pays.	3.238.170	2.933.657	3.047.802	1.171.906	5.624.505
Total en 1862. . .	34.092.857	5.674.046	78.338.867	14.277.726	8.544.544
Valeur (francs). . . .	2.754.231	1.898.864	12.954.731	6.424.977	5.726.726
Total en 1861. . .	29.937.141	4.703.175	64.268.814	14.641.118	6.706.741
Valeur (francs). . . .	2.544.657	1.256.789	11.510.430	6.588.503	5.224.045

STATISTIQUE MINÉRALE ET MÉTALLURGIQUE

DU

ROYAUME-UNI DE GRANDE BRETAGNE ET D'IRLANDE

EN 1863 (*).

(Extrait des *Mineral statistics*, etc., publiés par M. ROBERT HUNT.)
Londres, octobre 1864.

Tableau général de la production minérale et métallurgique du Royaume-Uni en 1863.

	MINERAIS et combustibles.			MÉTAUX.	
	Quantités.	Valeurs.		Quantités.	Valeurs.
	kilog.	francs.		kilog.	francs.
Quartz aurifère. . . .	401.947	37.500	Or.	15.456	43.675
Minerai d'étain. . . .	15.399.512	24.099.630	Étain.	10.166.096,000	29.267.550
— de cuivre. .	214.321.152	27.513.853	Cuivre.	14.474.366,000	35.240.212
— de plomb. .	92.842.966	29.895.431	Plomb.	69.311.594,000	35.447.536
— d'argent. . .	89.315	142.576	Argent.	17.752,112	4.358.777
— de zinc. . . .	13.918.437	805.497	Zinc.	3.897.162,000	2.272.000
Pyrites de fer.	96.902.016	1.550.828	Fonte de fer.	4.582.200.640,000	281.877.501
Wolfram.	13.233	1.684			
Uranium.	159	575	Ensemble.		388.547.250
Ocres.	4.499.588	114.407	Autres métaux (estimés ensemble).		6.250.000
Arsenic.	1.444.000	30 000	Houilles.		514.323.625
Minerai de fer.	9.234.384.060	181.019.732			
Houilles.	87.672.800.000	514.323.625	Valeur totale des métaux et des houilles.		909.120.875
Sel gemme, argile et produits minéraux divers (valeur estimative).	»	49.375.000			
Valeur totale des minerais et combustibles.		728.990.337			

(*) Toutes les mesures anglaises ont été converties dans ces extraits en mesures métriques.

La tonne anglaise, ton (valeur exacte, $1.016^{k},04$) a été comptée pour 1.016 kilog. dans tous les calculs importants et pour 1.015 kilog. ($1 \text{ ton} + \frac{1/12}{100}$ dans les calculs de détail.

Le hundred-weight (cwt) (valeur exacte, 1/20 de ton ou $50^{k},000$) a été comptée $50^{k},8$.

La livre (lbs) (1/112 de hundred-weight) (valeur exacte, $0^{k},453558$) pour $0^{k},50$.

L'once (valeur exacte, $28^{r},349$) a été compté pour 28 grammes.

La livre sterling 25 francs.

Le schelling $1^{f},25$.

ÉTAIN.

A. — Production.

Les deux comtés de Cornwall et Devonshire sont les seuls producteurs d'étain dans le Royaume-Uni.

I. *Minerai d'étain* (black tin).

D'après les statistiques mensuelles fournies par les fonderies d'étain, il a été extrait et vendu :

En 1863. Minerai d'étain. . . . . 15.399.512 kilog.
En 1862. Minerai d'étain. . . . . 14.556.232 kilog.

En 1853, la production n'était que de 8.666 tonnes.
Le prix de vente ayant été :

Prix moyen de l'année. . . . . 1.565 fr. la tonne de 1.000 kilog.
Prix le plus haut. . . . . 1.845 fr. —
Prix le plus bas. . . . . 861 fr. —

Les 15.399.512 kilog. extraits en 1863 représentent, au taux moyen de 1.565 francs, une valeur de 24.099.631 francs.

II. *Étain métallique.*

Le minerai d'étain extrait en 1863 a rendu aux fondeurs, d'après les statistiques mensuelles, 10.166.096 kilog. d'étain métallique, ce qui porte la teneur moyenne à 66,02 p. 100.

Prix de vente moyens de l'étain métallique sur le marché de Londres pendant l'année 1863.

	ÉTAIN anglais.	ÉTAIN de Banca.	ÉTAIN de Straits.
	fr.	fr.	fr.
Prix moyen de l'année.	2.878	3.043	2.950
Prix le plus haut (juin et juillet). . . .	3.001	3.315	3.190
Prix le plus bas (décembre).	2.758	2.806	2.774

Les 10.166.096 kilog. d'étain métallique produits au taux moyen de 2.878 francs les 1.000 kilog. représentent une valeur de 29.267.550 francs.

B. — Importations et exportations.

I. *Importations.*

Provenances : Indes anglaises, Hollande, États-Unis, Pérou, Chili, Bolivie, France, Espagne, Italie, Australie, etc.

	ÉTAIN MÉTALLIQUE.	MINERAI D'ÉTAIN et régule.
	tonnes métriques.	tonnes métriques.
Total des importations. . .	2.770	566

II. *Exportations.*

	ÉTAIN ANGLAIS métal.	ÉTAIN ÉTRANGER provenant d'importation.	
		Étain métallique.	Régule.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Total des exportations. . . .	4.481	1.152	4

CUIVRE.

A. — Production.

I. *Minerai.*

L'extraction totale de minerai de cuivre dans le Royaume-Uni s'est élevée en 1863 à très-peu près à 214.321 tonnes 152 kilog.

Ces 214.321.152 kilog. de minerai ont été vendus 27.513.853 fr., soit au prix moyen de 128f,84 par 1000 kilog.

En 1862 il avait été extrait 227.553 tonnes.

NOMBRE de mines en exploitation.	PRODUCTION totale du Royaume-Uni.	MINERAI de cuivre extrait et vendu. Teneur moyenne 6,378 p. 100.	VALEUR. (Prix de vente.)	CUIVRE contenu.	VALEUR du cuivre contenu en le comptant à 2.431 francs les 100 kilogs.
		tonnes.			
222 (1863)	en 1863	214.321.152	27.513.853	14.474.366	35.240.212
230 (1862)	en 1862	227.757.736	30.419.392	15.080.488	37.331.025
175 (1861)	en 1861	235.190.692	34.118.192	15.576.296	39.312.000

Remarque. — Le nombre des mines s'élève brusquement en 1862, parce qu'à partir de cette année on a commencé d'y comprendre les mines qui vendent le moins de 5 tonnes.

Les deux comtés producteurs de minerai de cuivre sont par excellence le Cornwall et le Devonshire, et la plupart des mines de ces comtés vendent leurs minerais dans le pays même aux enchères publiques (Ticketings). On connaît donc exactement les poids de ces minerais vendus aux Ticketings du Cornwall, leur rendement en cuivre, et les prix de vente. 172.690.536 kilog. de minerai ont été ainsi vendus en 1863.

A côté des Ticketings du Cornwall, il existe à Swansea un grand marché semblable où se vendent les minerais des autres parties du Royaume-Uni, et des quantités considérables de minerais étrangers. Les résultats de ces marchés sont également publics.

En 1863, 16.334,248 kilog. de minerai d'Irlande et d'Angleterre ont été ainsi vendus à Swansea. Enfin il se vend aussi des minerais de gré à gré et par marchés particuliers entre les mines et les fondeurs, mais ces ventes sont de beaucoup les moins importantes. Un grand nombre de mines ont communiqué au bureau des *mining records* leurs marchés particuliers avec les fondeurs. Le total s'est élevé à 15.136.368 kilog. payés 2.145.782 francs. On a évalué le reste c'est-à-dire les marchés non communiqués soit pour les mines soit pour les fondeurs au chiffre total de 1.265.625 francs, c'est-à-dire à un poids approximatif de 10.160.000 kilog. de minerai.

Grâce à cette publicité de la plupart des ventes, et à la concentration de l'industrie métallurgique du cuivre en un petit nombre de mains (les fondeurs ne sont pas plus de 17,) le bureau des *mining records* a pu établir avec une exactitude pour ainsi dire rigoureuse le chiffre des ventes, qui est celui de l'extraction du minerai de cuivre, car il ne s'exporte pas de minerai d'origine britannique, et presque toutes les mines vendent leur minerai aussitôt qu'il est préparé.

II. *Minerais étrangers.*

Outre ses minerais propres, l'Angleterre traite des minerais étrangers en proportion considérable. Les teneurs en varient de 10 à 40 p. 100 et sont généralement voisins de 15 à 20 p. 100. Il a été importé en 1863, 81.875 tonnes de ces minerais, sur lesquels 1.003 tonnes seulement ont été réexportées. 80.872 tonnes ont donc été traitées dans les usines anglaises. On peut se faire une idée du rendement en cuivre de ces minerais, par ce fait que ceux d'entre eux vendus aux enchères publiques de Swansea (28.781 tonnes sur

les 81.875 tonnes importées) contenaient 4.527.360 kilog. de cuivre fin, soit en moyenne 17 p. 100. Ces 26.781.000 kilogr. sont vendus 9.340.078 fr., soit 348^{fr},75 par 1.000 kilog.

En admettant le même rendement pour la totalité des importations, on arrive à une production de cuivre de 13.739.240 kilog. dans les usines anglaises du fait des minerais étrangers.

III. *Cuivre métallique.*

Production totale du Royaume-Uni en cuivre métallique :

28.213.606 kilogr. valant. . . . . 68.640.304 fr.

Prix de vente moyens du cuivre métallique sur le marché de Londres pendant l'année 1863.

	BEST SELECTED.	TOUGH CAKE.	TILE.
	fr.	fr.	fr.
Prix moyen de l'année. . . .	2.431	2.347	2.347
Prix le plus haut (décembre).	2.638	2.528	2.528
Prix le plus bas (Juin). . . .	2.203	2.189	2.189

C. — Importations et exportations.

Importations.

Minerai de cuivre.	81.875	tonnes métriques
Régule.	21.726	—
Cuivre brut en saumons.	4.645	—
Vieux cuivre.	595	—
Cuivre en barres.	7.664	—
Cuivre en plaques et en feuilles.	90	—
Cuivre ouvré.	9.410	—

Exportations en tonnes métriques.

		tonnes.
Cuivre anglais. . .	Cuivre brut en saumons.	12.979
	Cuivre en feuilles, clous.	30.026
	Fils et en laiton.	
	Cuivre ouvrés divers.	526
Cuivres étrangers, réexportation. .	Minerai de cuivre.	1.003
	Cuivre brut en saumons.	1.985
	Vieux cuivre.	2
	Cuivre à demi travaillé.	4.416
	Cuivre ouvré.	2.999

PLOMB ET ARGENT.

A. — Production.

I. *Minerai.*

Les mines du Royaume-Uni ont produit et rendu :

En 1863. Minerai de plomb	92.842.966 kilogr.
Minerai d'argent (galènes exceptionnellement riches en argent)	89.315

Les prix de vente du minerai de plomb sur le marché de Wolywell ont été :

Prix moyen de l'année	327	fr. les 100 kilogr.
Prix le plus haut	369	—
Prix le plus bas	291	—

Au prix moyen de 322 fr., le minerai de plomb extrait représente une valeur de 29.859.431 fr. Les minerais d'argent ont été vendus 142.575 fr., soit au prix moyen de 1.600 fr. les 1.000 kilog. En 1862, il avait été extrait 96.746 tonnes de minerai de plomb.

II. *Métaux extraits des minerais.*

Plomb métallique	69.311.594 kilogr.
Argent	17.752.112 gr.

Les prix de vente du plomb en saumons sur le marché de Londres, ont été les suivants :

Prix moyen de l'année	512	fr. les 100 kilogr.
Prix le plus haut	540	—
Prix le plus bas	495	—

Au prix moyen de 512 fr., le plomb métallique produit représente une valeur de 35.487.536 fr. La production de l'argent, si l'on compte l'argent fin à 24fr,50 les 100 gr., représente une valeur de 4.378.776 fr.

Tableau de la production du plomb et de l'argent.

	NOMBRE de mines.	MINERAI de plomb extrait.	PLOMB contenu dans le minerai de plomb extrait.	GENT.
		kilogr.		grammes.
Angleterre.	188	60.643.444	44.227.348	9.972.572
Pays de Galles.	101	25.434.344	20.136.542	3.962.464
Ile de Man, Écosse, Irlande et petites mines rendant moins de 10 tonnes.	18	6.764.178	49.477.049	2.653.392
Royaume-Uni tout entier.	307	92.842.966	69.311.599	17.171.448

A ajouter : minerai d'argent 89.315 kilogr. contenant. . . . . . 580.664 gr.
d'argent, et valant. . . . . 142.575 fr.

Total de l'argent extrait des mines du Royaume-Uni. . . 17.752.112 gr.

Prix de vente moyens du plomb en saumons et en feuilles sur le marché de Londres pendant l'année 1863.

	Par tonne de 1.000 kilogr. Plomb en saumons.	Plomb en feuilles.
Prix moyen de l'année.	512	522
Prix le plus haut (février).	540	536
Prix le plus bas (septembre).	495	515

IMPORTATIONS ET EXPORTATIONS.

Importations

Plomb en saumons et en feuilles.	29.027	tonnes de 1.000 kilogr.
Minerai de plomb.	888	—
Minium et litharge.	31	—
Céruse.	31	—

I. *Exportations de plombs anglais.*

Plomb en saumons.	27.159	tonnes de 1.000 kilogr.
Plomb en feuilles.	4.800	—
Plombs de chasse et autres. . . .	4.642	—
Minium.	3.339	—
Céruse.	2.956	—

II. *Réexportations de plombs étrangers provenant d'importations*

Plomb en saumons ou en feuilles.	653	tonnes.
Plombs de chasse et autres.		—
Litharge et minium.	34	
Céruse.	7	—

ZINC.

A. — Production.

I. *Minerai de zinc* (se composant presque exclusivement de blende).

	Poids extrait	Valeur.
Dans le Royaume-Uni tout entier.	13.918.437 kilogr.	805.497f.50.

II. *Zinc métallique.*

Le rendement général moyen est d'environ 28 de métal pour 100 de minerai. On peut donc estimer la production des mines du Royaume-Uni en 1863 : en zinc métallique à 3.897.162 kilog. représentant (à cet état) une valeur de 2.272.000 fr environ, car le prix marchand du zinc métallique a été en moyenne générale en 1863, de 583 fr. par tonne.

Prix de vente moyens du zinc sur le marché de Londres pendant l'année 1863.

Prix moyen de l'année......	583	fr. la tonne de 1.000 kilogr.
Prix le plus haut.........	615	—
Prix le plus bas..........	585	—

B. — Importations et exportations.

I. *Importations*

Zinc..................	35.687	tonnes de 1.000 kilogr.
Minerai de zinc...........	1.860	—
Oxyde de zinc............	2.094	—

II. *Exportations.*

D'origine britannique.....	Zinc...........	5.696	tonnes de 1.000 kilogr.
	Minerai.........	902	—
d'origine étrangère provenant d'importation.....	Zinc...........	4.342	—
	Minerai.........	201	—

PYRITE DE FER.

Production des minerais des mines du Royaume-Uni en 1863.

Poids extrait..................	96.902.016 kilog.
Valeur.....................	1.550.828 francs.

70.000 tonnes de pyrites étrangères et indigènes ont été traitées en 1863, dans les usines de la Tyne pour la production du soufre. Le rendement a varié entre 27,50 et 47,75. Le rendement moyen étant 40,81.

Or.

Merionethshire.	Quartz aurifère.	401^{t},947
	Or contenu.	15^{k},456
	Valeur.	43.675 francs.

Wolfram.

Cornwall (Eastpool). . . .	Poids extrait.	13.233 kilogr.
	Valeur.	1.684 francs.

Uranium.

Cornwall..	Poids extrait.	159 kilogr.
	Valeur.	575 francs.

MANGANÈSE.

L'abondance, la richesse et le bas prix des minerais espagnols ont fait arrêter complétement toute exploitation dans le Devonshire et le Cornwall.

Ocres.

	Poids extrait.	Valeur.
Cornwall, Devonshire et Anglesea.	4.499.588 kil.	114.407 fr.

Arsenic (estimation).

	Poids extrait.	Valeur.
Cornwall et Devonshire.	1.444 ton.	30.000 fr.

FER (1863).

Minerai de fer. — Production.

	Quantités.	Valeur.
Royaume-Uni tout entier.	9.234.384^{t},060	81.019.732 fr.

Fer et fonte de fer. — Production.

	USINES A FER.			FONDERIES.			
	Usines en activité.	Fours à puddler.	Laminoirs.	Fonderies en activité.	Hauts fourneaux existants.	Hauts fourneaux en feu.	Poids de fonte produite
							tonnes.
Angleterre..	176	3.424	464	178	529	333 3/4	2.490 430,376
Pays de Galles.	35	1.239	140	53	210	130	913.210,264
Écosse.	12	350	50	31	169	134	1.178.560,000
Total général. . .	223	5.013	654	262	908	597 3/4	4.582.200,640

FONTE DE FER.

Prix de vente en 1863 des fontes anglaises et écossaises.

1° Fonte du pays de Galles :

Pour l'année 1863 :	Prix moyen.	98f,00	la tonne.
— —	Prix le plus bas.	87,50	—
— —	Prix le plus élevé.	111,50	—

2° Fonte écossaise :

Pour l'année 1863 :	Prix moyen..	70f,50	la tonne.
— —	Prix le plus bas.	70,50	—
— —	Prix le plus élevé.	82,00	—

3° Fonte de Cleveland :

Pour l'année 1863 :	Prix moyen.	62f,00	la tonne.
— —	Prix le plus bas.	61,00	—
— —	Prix le plus élevé	64,00	—

4° Fonte du Staffordshire :

Pour l'année 1863 : Prix moyen. . . . . 88f,00 la tonne.

Prix de vente moyens de la fonte écossaise de 1854 à 1863.

1854.	98f,00	la tonne.
1855.	87,50	—
1856.	90,00	—
1857.	86,00	—
1858.	67,50	—
1859.	64,00	—
1860.	66,00	—
1861.	91,50	—
1862.	66,50	—
1863.	72,50	—

FONTES ET FERS.

EXPORTATIONS : 1863.

Les statistiques minérales ne donnent que les quantités exportées sans indication des valeurs.

	FONTE.	FER en barres.	RAILS.
	kilog.	kilog.	kilog.
Angleterre.	144.765.776	182.058.056	55.773.320
Pays de Galles.	1.885.696	43.564.048	214.057.710
Écosse.	175.886.972	28.969.208	1.262.888
Total général.	322.538.444	254.591.312	271.093.918

Argiles et terres réfractaires

	Poids produits.	Valeur.
Royaume-Uni tout entier	833.291 ton.	6.630.950 fr.

Sel gemme.

Les comtés de Cheshire et de Worcestershire ont produit, en 1863, le premier, environ 750.000 tonnes, le second, 155.000 tonnes de sel gemme. L'Irlande produit aussi d'assez fortes proportions de sel gemme. Le port de Belfast a exporté, en 1863, 15.896 tonnes.

HOUILLE.

Résumé sur la production houillère du Royaume-Uni en 1863.

	Tonnes métriques.
Angleterre.	67.482.208
Pays de Galles.	8.783.401
Écosse.	11.278.108
Irlande.	129.083
Total.	87.672.800

État comparatif des mines de houille en activité en 1853 et en 1863.

	1853	1863
	tonnes.	tonnes.
Angleterre.	1.704	2.147
Pays de Galles.	306	517
Écosse.	387	516
Total.	2.397	3.180

Prix de vente des houilles sur le marché de Londres pendant l'année 1863 (par tonne de 1.000 kilog.).

	NEWCASTLE.			SUNDERLAND.	HARTLEPOOL.	PAYS DE GALLES.
	Walls end	Tanfield.	Hartley.	Eden main.	W. E. kelloe.	Anthracite.
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Prix moyen de l'année	19,40	16,75	19,75	19,85	20,90	25,00
Prix le plus haut. . . .	22,55	19,05	21,25	23,65	24,05	27,75
Prix le plus bas. . . .	15,60	15,00	17,15	17,75	18,80	24,00

Consommation houillère de la ville de Londres.

En 1862.	5.046.727^{t},016
En 1863.	5.203.887 ,386

Détails sur divers bassins houillers.

1° Durham et Northumberland. — *Distribution des houilles produites par ces deux comtés en* 1863.

	tonnes.
Exportation à l'étranger (houille)	3.854.306
Id. (à l'état de coke) estimée en houille	447.271
Expédition par cabotage à divers ports anglais	6.153.207
Id. (à l'état de coke) estimé en houille	63.464
Transports du réseau de chemin de fer North-Eastern pour usages domestiques, consommation locale, pour la marine et les chemins de fer (houille)	3.347.617
Id. (à l'état de coke) estimée en houille	3.183.638
Consommation des usines à fer (coke et houille). Evaluation approximative	2.000.058
Consommation des houillères (coke et houille). Évaluation approximative	1.877.800
Consommation locale immédiate pour industries diverses et manufactures (coke et houille)	1.581.251
Total	22.508.612

2° Staffordshire et Worcestershire.

Distribution des houilles du Staffordshire en 1863.

Staffordshire septentrional.

	tonnes métriques.
Consommation des usines à fer	668.135
— des usines céramiques	126.880
— industrielle et domestique	939.399
— des houillères	17.360
Expédition hors du bassin houiller	963.900
Total	2.273.674

Staffordshire méridional.

	tonnes métriques.
Consommation des usines à fer	2.599.730
— des houillères et usines à chaux	268.990
— industrielle et domestique	1.161.423
Expédition hors du bassin houiller	1.240.308
Total	5.260.551
Ensemble	7.996.225

3° *Exportation à l'étranger et expéditions par cabotage à Londres et aux divers ports anglais des houilles et cokes du Northumberland et du Durham* (1863).

(Extrait de l'*Export list* de Brown.)

	CABOTAGE.	EXPORTATION.
	tonnes.	tonnes.
Houille.	6.153.207	3.854.306
Coke.	32.953	233.316

4° SUD DU PAYS DE GALLES. — *Exportations à l'étranger et expéditions par cabotage aux divers ports anglais et à Londres des houilles, cokes, anthracites du sud du pays de Galles en* 1863 (d'après les états statistiques des ports d'embarquement).

	CABOTAGE.	EXPORTATION.
	tonnes.	tonnes.
Houilles.	1.920.094	2.331.240
Cokes.	8.463	18.706
Anthracites.	55.943	

5° ÉCOSSE. — *Exportations à l'étranger et expéditions par cabotage à Londres et aux divers ports anglais des houilles d'Écosse en* 1863 (d'après les états statistiques du port d'embarquement).

	CABOTAGE.	EXPORTATION.
	tonnes.	tonnes.
Houilles d'Écosse.	520.385	563.677

Briquettes agglomérées.

Exportations en 1863.

	tonnes.
Newcastle.	40
Liverpool.	548
Swansea.	41.500
Cardiff.	20.055
Ensemble.	62.143

Exportation des houilles en 1863, 1862, 1861.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL DE L'EXPORTATION.

A. *Au point de vue des provenances et des ports d'embarquement.*

	1863.	1862.	1861.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Ports du Nord.	3.854.306	4.143.633	4.030.851
Ports du Yorkshire.	309.298	305.095	239.615
Ports du Lancashire.	595.534	618.893	633.916
Ports de la Severn.	2.301.692	2.183.346	1.929.990
Ports d'Écosse.	563.677	568.304	496.682
Totaux.	7.624.507	7.819.271	7.331.054
Diminution de 1863 par rapport à 1862.	194.764	Augmentation de 1862 sur 1861. . . .	488.217

B. *Au point de vue des destinations.*

	1863.	1862.	1861.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.
France	1.306.083,224	1.406.822,688	1.497.116,640
Danemark	506.980,000	»	»
Norwége	106.899,000	»	»
Suède	201.865.000	»	»
Russie	425.355,000	»	»
Autriche	62.044,000	»	»
Allemagne	657.069,000	»	»
Prusse	459.075,000	»	»
Hollande	154.045,000	»	»
Belgique	26.054,000	»	»
Espagne	451.602,000	»	»
Portugal	110.342,000	»	»
Italie	402.154,000	»	»
Méditerranée	346.000,000	»	»
Grèce	30.683,000	»	»
Turquie	180,969,000	»	»
Afrique	342.201,000	»	»
Australie	13.328,000	»	»
Indes orientales	612.668,000	»	»
Indes occidentales	325.450,000	»	»
Amérique du Nord	453.166,000	»	»
Amérique du Sud	393.388,000	»	»
Iles de la Manche	67.328,000	»	»
Helgoland	»	85,000	91,000
Islande	768,000	»	»
Açores	9.379,000	»	»
Canaries	9.177,000	»	»
Madère	14.130,000	»	»
L'Ascension	3.194,000	»	»
Sainte-Hélène	3.107,000	»	»
Iles Falkland	1.285,000	»	»
Nouvelle-Zélande	3.749,000	»	»
Iles Sandwich	»	350.000	133,000
Totaux	7.624.507,324	7.786.744,000	7.331.124,000

ESQUISSE GÉOLOGIQUE

DE LA SERRANIA DE CUENCA (ESPAGNE).

Par M. E. JACQUOT,
Ingénieur en chef des mines (*).

Objet du mémoire. Situation, étendue et relief de la Serrania. — Ce que l'on désigne, sous le nom de Serrania de Cuenca, est la partie de la Nouvelle-Castille qui, des environs de cette ville, s'étend jusqu'aux confins des anciens royaumes d'Aragon et de Valence. Si l'on jette les yeux sur une carte d'Espagne suffisamment détaillée, on remarque, à la limite de ces trois provinces, une protubérance isolée qui, sans se rattacher même indirectement à aucune des grandes chaînes qui sillonnent le sol de la Péninsule, ne manque cependant pas de relief, puisque quelques-uns de ses points atteignent des altitudes comprises entre 1.800 et 2.000 mètres. Le massif montagneux dont la petite ville d'Albarracin occupe à peu près le centre s'étend sur une partie des provinces de Teruel, Castellon de la Plana, Valence, Cuenca et Guadalaxara. Les ramifications qu'il projette se détachent, d'une manière nette, de la contrée environnante dans toutes les directions, excepté vers le nord-ouest où elles vont, en s'affaiblissant, se perdre sous les hauts plateaux que la route de Madrid traverse à la hauteur de Siguenza. Du côté de l'est notamment, elles descendent presque jusqu'à la Méditerranée, le long de laquelle elles dessinent une ligne de côtes passablement accidentée.

La Serrania comprend la partie méridionale de cette espèce de gibbosité isolée. Ce n'est point, comme son nom semblerait l'indiquer, une réunion de chaînes aux formes

(*) Voir pour les figures, Pl. IX.

dentelées, mais bien plutôt une suite de grands plateaux déclives, placés en recouvrement les uns au-dessus des autres et découpés par des vallées profondes. Un bombement général du sol qui commence dans les environs de la Cabeza de Don Pedro et se continue bien au delà du pic de Ranera, suivant une ligne qui s'écarte peu de la direction nord-ouest sud-est, constitue l'accident principal de la Serrania. La petite carte (Pl. IX) jointe à notre mémoire montre que cette ligne forme, sur une certaine étendue, le point de partage des eaux qui se déversent dans le Cabriel d'une part et de l'autre dans le ruisseau de Moya. La Sierra de Valdemeca dans le nord et celle de Mira du côté du sud donnent aussi lieu à des mouvements de terrain dont le relief au-dessus du niveau moyen de la contrée est très-prononcé.

Par une exception qu'explique son isolement, cette pointe extrême de la Nouvelle-Castille est, en grande partie encore, couverte de forêts d'arbres verts (*), lesquelles

(*) Les forêts de la Serrania sont, pour la plus grande partie, peuplées de pins. Deux espèces y sont surtout répandues : l'une, connue sous le nom vulgaire de *Rodeno*, est, d'après la détermination qu'en a faite M. Durieu de Maisonneuve, le savant directeur du jardin public de Bordeaux, le *Pinus pinaster;* l'autre, appelée *Negrale*, est le *Pinus Pyrenaïca.* L'influence chimique du sol se manifeste de la manière la plus marquée dans la répartition de ces deux espèces à la surface de la contrée. Le *Rodeno* est l'arbre des terrains siliceux ; le *Negrale*, au contraire, celui des sols calcaires. J'ai parcouru des étendues considérables de forêts couvertes de ces pins, et il ne m'est pas arrivé une seule fois de rencontrer les deux espèces réunies sur un même terrain. Chacune d'elles est au contraire cantonnée sur le sol qui lui convient. La division est même tellement profonde qu'elle a passé dans le langage ; de telle sorte que, dans la Serrania, le mot *Rodeno* est employé indifféremment pour désigner le pin maritime et les grès rouges, sur lesquels on le rencontre habituellement.

Ce fait de répartition si remarquable doit tenir à des différences d'une certaine valeur dans la constitution intime des deux espèces de pins. Il aurait été intéressant de chercher à s'en rendre compte, en exécutant des analyses complètes sur les cendres du bois et

contribuent, avec les accidents du sol, à en faire une région bien distincte de tout ce qui l'entoure.

J'y ai fait deux excursions de quelques jours chacune dans l'automne de 1859 et au printemps de 1860. Les observations que j'ai recueillies, pendant ces rapides voyages, dans une contrée dont l'étendue est comparable à la moitié d'un département français de moyenne grandeur, ne sauraient embrasser tous les détails de sa structure géologique, laquelle est d'ailleurs assez compliquée. Aussi n'est-ce point une description détaillée de la Serrania que je me propose de donner, mais simplement une esquisse de sa constitution qui en fasse ressortir les traits les plus saillants. Je crois du reste devoir entrer à ce sujet dans quelques considérations qui mettront en évidence le but que j'ai eu en vue en publiant ce mémoire et feront en même temps connaître certaines particularités propres au sol de la Péninsule.

Traits caractéristiques de la constitution géologique de l'Espagne. Ils se trouvent reproduits dans la Serrania. — L'Espagne présente, dans sa structure géologique, des caractères qui la distinguent nettement du reste du continent européen. Les formations n'y sont que bien rarement disposées par bassins ou par bandes symétriquement alignées le long d'un axe de soulèvement, comme cela est habituel pour ce dernier; elles s'y trouvent le plus souvent découpées par une multitude d'accidents qui en interrompent la continuité. On ne saurait, à moins d'avoir parcouru quelques-unes des parties montagneuses de cette contrée, se faire

des divers organes de chacune d'elles. Il m'a été impossible, faute d'éléments suffisants, de me livrer à ces recherches. J'ai pu toutefois constater que les cendres des feuilles du *Pinus pinaster* renfermaient, pour 1^g^,0,07 de silice, tandis que celles du *Pinus Pyrenaica* n'en contenaient que 0^g^,023 pour la même quantité, c'est-à-dire que les proportions de silice étaient respectivement dans chacune de ces espèces :: 3 : 1.

une juste idée des bouleversements auxquels le sol y a été soumis. Rien de plus commun que d'y rencontrer des dénudations énormes, des redressements de couches qui dépassent la verticale, de telle sorte que la stratification se trouve être renversée, des failles qui mettent en contact des terrains séparés dans l'échelle géologique par des intervalles de plusieurs centaines de mètres. De là il résulte qu'il n'y a aucune suite dans les superpositions et qu'un même terrain repose fréquemment, dans un espace restreint, sur plusieurs formations distinctes.

Il faut donc se représenter le sol de l'Espagne comme excessivement tourmenté, disloqué, morcelé en tous sens par des accidents souvent gigantesques. Toute description géologique, pour rester dans le vrai, ne saurait omettre ces traits éminemment caractéristiques de la constitution géologique de la contrée. Or, la Serrania les reproduisant sur une grande échelle m'a paru pouvoir être présentée comme un bon spécimen de la structure propre aux régions montagneuses de la Péninsule. C'est le principal motif qui m'a engagé à publier les observations que j'ai recueillies sur cette partie de la Nouvelle-Castille.

Presque inconnue encore, il y a une trentaine d'années, la constitution du sol de la Péninsule ibérique est aujourd'hui suffisamment élucidée, pour qu'on ait pu tout récemment la figurer sur une carte avec une précision scientifique. Parmi les travaux qui ont surtout contribué à ce résultat il faut citer, en première ligne, ceux d'un membre éminent du corps des ingénieurs espagnols, M. Casiano de Prado, et ceux de deux géologues français, MM. de Verneuil et Collomb. Ces derniers ont notamment exploré la Serrania en 1852. Les renseignements pleins d'intérêt, consignés dans le Bulletin de la société géologique, à la suite de leur voyage, ont fixé, d'une manière générale, la composition du sol de cette contrée où, avant eux, nul géologue n'avait pénétré.

Terrains qui forment le sol de la Serrania. — La Serrania renferme des terrains très-variés. Une des conséquences des dislocations que l'on y remarque a été de mettre à jour la série presque complète de ceux qui entrent dans la constitution du sol de la Péninsule. Le terrain de transition n'y forme que quelques pointements de peu d'étendue au fond des vallées qui sillonnent la contrée. Le terrain houiller y est également peu développé ; il se réduit à quelques affleurements qui se montrent sur le territoire d'Hinarejos, le long du rio Castillejo. Au-dessus de lui, s'étend une puissante assise de poudingues et de grès quartzeux dans la partie inférieure de laquelle il est impossible de ne pas reconnaître le nouveau grès rouge, tandis que la partie supérieure reproduit beaucoup plutôt le faciès du grès des Vosges que celui du grès bigarré. Ces formations sont très-épaisses et couvrent une partie notable du territoire de la Serrania. Viennent ensuite les deux membres supérieurs du Trias ; le muschelkalk et les marnes irisées, l'un et l'autre très-caractérisés par leur composition qui n'offre pas de différences essentielles avec celles que ces mêmes formations présentent en Lorraine. Le terrain jurassique est représenté, dans la contrée de Cuenca, par une puissante assise exclusivement calcaire ; les seuls fossiles que l'on y rencontre appartiennent au lias moyen et à l'oxford-clay ; mais je ne suis pas éloigné de croire à l'existence de quelques-uns des étages intermédiaires. La craie est réduite à un petit nombre d'assises occupant un niveau peu élevé dans la formation et on ne la trouve que sur les flancs du relèvement de terrain dont j'ai signalé l'existence entre la Cabeza de Don Pedro et le pic de Ranera. Quant au terrain tertiaire moyen d'eau douce qui est, comme on sait, le seul membre de cette série qui se montre avec quelque développement dans la partie centrale de la Péninsule, il occupe une position plus excentrique encore que la craie ; on ne le rencontre plus, en masses de quelque importance, que sur la périphérie de la

Serrania vers le sud et du côté de l'ouest. Toutefois on constate l'existence de quelques lambeaux insignifiants de ce terrain dans les vallées du Cabriel et du ruisseau de Moya, c'est-à-dire au cœur même de la contrée. Sur aucun point de celle-ci je n'ai trouvé de traces de diluvium, circonstance qui s'accorde bien avec ce que l'on sait du peu de développement que ce terrain acquiert dans l'intérieur de la Péninsule.

Terrain de transition. — Constamment relégué au fond des vallées où il a peu de relief, le terrain de transition n'occupe dans la Serrania qu'un espace très-restreint. On en voit deux petits îlots dans la profonde échancrure qui s'étend au pied du pic de Ranera entre Garaballa et Sinarcas, deux autres au sud d'Hinarejos, sur le rio Castillejo et sur un de ses affluents, enfin un cinquième un peu plus important dans la vallée du Cabriel entre Boniches et le Cañizar. Les roches dominantes dans cette dernière localité ainsi qu'à Ranera et au Castillejo sont des quartzites en couches peu épaisses, alternant avec des schistes satinés, verdâtres. Les assises sont redressées sous des angles approchant de 90° et présentent presque toujours de nombreux plissements. Celles du rio Castillejo notamment sont plusieurs fois reployées dans un court intervalle et extrêmement contournées. A notre connaissance, on n'a jamais rencontré de fossiles dans ces couches quartzeuses et schisteuses et c'est uniquement par analogie avec celles qui se trouvent intercalées dans l'îlot de terrain de transition situé à l'ouest du vallon de Castillejo qu'on a été conduit à les rapporter à la période dévonienne.

Les fossiles abondent au contraire dans ce dernier, et ils sont tous éminemment caractéristiques de la partie inférieure du système. Ceux que nous y avons recueillis se rapportent aux espèces suivantes :

Favosites fibrosus.
Tentaculites.
Leptæna Murchisoni.
Spirifer Rousseau.

Une térébratule dont on ne trouve que le moule intérieur (*Terebratula Guerangeri?*) est également très-commune dans cette localité.

Les roches qui renferment les fossiles, se différencient, d'une manière nette, de celles qui dominent dans les quatre autres îlots. Elles consistent en grès ferrugineux et micacés, à grains fins, d'un brun rougeâtre ou jaunâtre, auxquels sont associées de petites assises de calcaire d'un gris de fumée. Ces couches gréseuses et calcaires se montrent au jour, sur une longueur d'environ 3 kilomètres, depuis la localité connue sous le nom de Cerro de las Tainadas jusqu'au fond de la cañada del Peral, un des vallons qui débouchent à droite dans la vallée du rio Castillejo. Elles forment une butte allongée dans la direction nord-sud, en relief au-dessus de la contrée environnante, principalement composée de poudingues appartenant au grès rouge.

Ce lambeau de terrain dévonien est assez riche en minerais de fer. Au Cerro de las Tainadas se trouve la mine de San Bartholomé ouverte sur un amas d'hématite à petites facettes, possédant, près des affleurements, une puissance de $1^m,50$, mais dont la trace s'est perdue dans la profondeur. Dans le voisinage du gîte, les assises gréseuses sont toutes injectées d'oxyde de fer, point assez toutefois pour constituer de véritables minerais. A une petite distance au nord de San Bartholomé, au Fronton del Cerro, on a mis à jour une veine de fer carbonaté spathique d'une épaisseur variable entre $0^m,60$ et $0^m,80$, et qui paraît également former une couche ou une lentille dans le terrain encaissant. La richesse en minerais de fer de l'étage inférieur du système dévonien n'est point d'ailleurs un fait propre à la région de Cuenca, car, dans plusieurs provinces de l'Espagne, notamment dans le royaume de Léon, les forges tirent leurs principales ressources de gîtes intercalés, sous forme de couches, dans cet étage.

Le terrain de transition de la Serrania présente encore

quelques particularités qui méritent d'être mentionnées. Au pied du pic de Ranera, il renferme plusieurs veines de fer spathique avec mouches de cuivre pyriteux, ayant jusqu'à quarante centimètres de puissance et qui paraissent avoir été l'objet d'exploitations anciennes d'une certaine importance. Ces veines se distinguent nettement de celles qu'on observe au Cerro de las Tainadas, en ce qu'elles coupent les couches encaissantes dans une direction perpendiculaire au sens de la stratification. Aussi ne sauraient-elles être considérées autrement que comme de véritables filons.

Quant au lambeau de quartzites qui affleure dans la vallée du Castillejo, il donne naissance à une petite source salée qui rappelle celles que l'on observe dans les roches du même âge de la chaîne du Hundsruck et prouve que les gîtes de sel gemme ne sont point extrêmement rares dans la formation dévonienne.

Constance des allures du terrain de transition dans la Serrania. Elle paraît s'étendre à toute la partie orientale de la Péninsule. Les pointements de terrain de transition épars dans la Serrania, présentent une remarquable concordance dans la direction de leurs assises. Ils se montrent en effet constamment alignés suivant des orientations qui se rapprochent de la ligne N. 10° O.-S. 10° E., avec des écarts extrêmes de 5 à 6 degrés qu'expliquent très-bien d'ailleurs les déviations produites par le contournement des couches. L'inclinaison est toujours très forte et le plus souvent vers l'ouest un peu sud. D'un autre côté, on verra plus tard que, loin d'être disposés au hasard, ces pointements se montrent au jour le long des axes des soulèvements qui traversent la contrée. On ne saurait dès lors nier les relations évidentes qui les rattachent les uns aux autres et il n'est guère permis de douter que, se raccordant dans la profondeur, ils ne forment en réalité une bande continue, s'étendant à tout le territoire de la Serrania et sur laquelle viennent s'appuyer

les terrains secondaires qui constituent la plus grande partie du sol de cette région.

On peut généraliser cette observation et reconnaître que le terrain de transition se prolonge beaucoup au delà des limites de Cuenca avec une constance d'allures tout à fait remarquable. Que par le pic de Ranera et Boniches, points extrêmes où ce terrain se montre dans la Serrania, on trace en effet deux lignes parallèles, orientées N. 10° O., on détermine une bande comprenant la plupart des pointements paléozoïques de la partie orientale de la Péninsule. On trouve déjà, dans l'intérieur de cette bande, et immédiatement au nord de la Serrania, le grand îlot silurien signalé par MM. de Verneuil et Collomb, entre Checa, Horca, Monterde et Origuela, et plusieurs autres moins importants, tels que ceux de Jea et de Torres, du Collado de la Plata, entre Libros et Albarracin, et de Pardos, au nord de Molina de Aragon. Prolongée dans cette direction, la bande coupe la route de Madrid à Saragosse, à la hauteur des bains d'Alhama, où, d'après les mêmes géologues, les schistes siluriens surgissent en couches fortement redressées, et elle vient aboutir au Moncayo, une des sommités de la Sierra d'Urbion, dans laquelle les terrains paléozoïques acquièrent un développement considérable.

Du côté du Sud, le prolongement de la bande de transition sur laquelle s'appuient les formations secondaires de la Serrania est moins accusé que dans la direction opposée. Toutefois il faut remarquer que c'est dans son alignement que se rencontrent les buttes de terrain métamorphique, généralement rapportées à la période paléozoïque, qui s'élèvent à la surface de la plaine de Murcie, sous les noms de Sierras de Carascoy et de Columbares, et qu'elle vient se terminer sur le littoral de la Méditerranée, dans les environs de Carthagène, où ce même terrain est également assez étendu.

On ne saurait donc mettre en doute la généralité de l'ali-

gnement N.10° O. à S.10° E. pour un grand nombre d'îlots de terrain de transition disséminés à la surface de la partie orientale de la Péninsule. Cette direction, si profondément empreinte en particulier dans les assises des pointements dévoniens de la Serrania, reparaît d'ailleurs, comme on le verra plus loin, dans quelques accidents postérieurs à leur dépôt, et elle joue, au résumé, un rôle assez important dans la disposition des masses minérales qui constituent le sol de la contrée et dans son orographie.

Terrain houiller. Le terrain houiller affleure dans la vallée du Castillejo, à 9 kilomètres au sud du village d'Hinarejos. Il se montre au jour sur les deux versants du pointement dévonien reconnu dans cette localité; mais il n'est réellement développé que sur le versant septentrional. Il se compose de grès grossiers, grisâtres, et de schistes noirs, renfermant de nombreuses empreintes de la flore houillère. A la base du système, on rencontre des poudingues dont les éléments assez volumineux sont empruntés au terrain de transition, et qui alternent avec des couches peu épaisses de grès terreux. Dans la partie supérieure, presque exclusivement argileuse au contraire, on trouve des rognons de fer carbonaté lithoïde. Le terrain carbonifère du Castillejo n'est pas très-riche en combustible. Le principal gîte que l'on y rencontre se trouve vers le haut de la formation; il se compose de plusieurs veines séparées par des intervalles schisteux, présentant une puissance totale de 4 à 5 mètres, mais dont l'épaisseur utile se réduit à 1m.50. La houille qu'on en tire est d'assez bonne qualité; elle est grasse et propre à la fabrication du coke. Il y a, en outre, dans la partie moyenne du système, quelques petites couches dépassant rarement 0m.30; mais le combustible qui en provient est beaucoup plus sec et généralement aussi plus chargé de matières étrangères que celui du gisement supérieur.

Au nord de l'îlot de terrain de transition sur lequel ils s'appuient, les affleurements de la formation houillère se montrent au jour, le long du rio Castillejo, sur un espace d'environ 700 mètres. A leur contact, on observe une discordance de stratification très-marquée. Tandis que le terrain dévonien, en effet, a ses assises fortement redressées suivant l'orientation N. S., les couches du terrain houiller sont alignées E. 20° N. à O. 20° S., et elles plongent vers le nord magnétique sous des angles variables entre 25° et 10° C., l'inclinaison allant en décroissant à mesure qu'on s'avance vers le Nord. Dans cette direction, elles s'enfoncent sous les poudingues du nouveau grès rouge dont les allures concordent avec celles des couches qu'ils recouvrent. Telle est la disposition de la partie du bassin qui repose sur le flanc septentrional du pointement de transition du Castillejo.

Celle du lambeau de terrain houiller qui s'appuie sur le revers opposé, est beaucoup plus tourmentée; les assises s'y montrent avec une inclinaison très-forte vers le Sud, et la houille y est réduite à deux petites veines qui n'ont pas ensemble plus de 0^{m}.90 d'épaisseur.

La puissance totale de la formation peut être évaluée de 80 à 100 mètres.

On a élevé quelques doutes sur l'âge des couches qui renferment le combustible du Castillejo; on s'est demandé si elles appartenaient bien à la période carbonifère ou si elles ne faisaient pas plutôt partie d'une formation plus ancienne.

La question, à notre sens, n'aurait point dû être posée, tant l'évidence est grande pour la première solution. En effet, indépendamment de ce que ces couches, en s'appuyant sur les assises fortement relevées du terrain dévonien, montrent une des discordances de stratification les mieux prononcées que l'on puisse voir, il y a un ensemble

de caractères spécifiques, tirés soit de la nature des roches, soit des empreintes végétales qu'elles contiennent, qui ne permet pas de douter que le terrain d'Hinarejos ne soit un des très-rares représentants de l'époque carbonifère que l'Espagne possède. Seulement il y a une distinction importante à établir : c'est que, tandis que les terrains houillers des Asturies et de l'Andalousie ont une origine marine suffisamment accusée par le développement des calcaires fossilifères qui leur sont associés, celui d'Hinarejos, au contraire, possède tous les caractères d'un dépôt qui s'est effectué au milieu des eaux douces, et est en cela comparable au bassin de Sarrebruck et à ceux de Saint-Étienne et du plateau central de la France.

Limité à sa partie apparente ce petit bassin intérieur d'Hinarejos n'a évidemment aucune valeur. Il ne peut en acquérir une qu'à une condition: c'est que les couches de combustible peu épaisses et passablement fracturées qui affleurent le long du rio Castillejo se montrent plus puissantes et plus régulières dans la profondeur. Or c'est là une conjecture qui n'a rien d'invraisemblable, et, comme d'un autre côté le terrain houiller s'enfonce manifestement, du côté du Nord, avec une inclinaison faible sous les poudingues du nouveau grès rouge, il a paru de quelque intérêt d'exécuter une recherche dans cette direction. Le forage placé à 2 kilomètres environ du point où les affleurements disparaissent dans la vallée du Castillejo, est parvenu aujourd'hui à 160 mètres, sans avoir atteint le but pour lequel il a été entrepris. La rareté des gisements de combustible minéral en Espagne, la position assez centrale de celui du Castillejo, et sa proximité du chemin de fer d'Alicante, sont autant de motifs qui mettent en évidence l'importance de cette recherche pour le développement industriel de la Péninsule.

Terrain de grès rouge. L'existence du terrain permien n'a été signalée qu'avec beaucoup de réserve dans l'inté-

rieur de la Péninsule ibérique (*). Il nous est cependant impossible de ne point reconnaître le membre inférieur de ce système dans les poudingues avec grès et argiles ferrifères qui constituent la base du grand dépôt arénacé placé dans

(*) *Sur l'existence du terrain permien en Espagne.* — En donnant dans le Xe volume du *Bulletin de la Société géologique de France*, 2e série, un aperçu des terrains qui entrent dans la constitution du sol de l'Espagne, MM. de Verneuil et Collomb ont fait quelques réserves au sujet de l'admission du système permien parmi ces derniers. C'est sous une forme également dubitative qu'ils l'ont inscrit dans la légende de leur belle carte géologique de la péninsule, tout récemment publiée. Notre opinion ayant été citée comme affirmant l'existence de ce terrain, nous croyons devoir développer ici les arguments sur lesquels elle est fondée.

Et d'abord, posons nettement la question, car on en facilite singulièrement la solution en la dégageant des éléments étrangers qui y ont été introduits. S'agit-il, en réalité, de décider si ce grand système composé de poudingues, de grès rouges, de calcaires, de dolomies et de marnes bigarrées, qui se montre fréquemment intercalé en Espagne entre les dépôts jurassiques et le terrain carbonifère ou les formations plus anciennes, est triasique ou permien? Nullement, car ce serait admettre *à priori* que l'un et l'autre systèmes ne peuvent se trouver réunis sur les mêmes points. Avec MM. de Verneuil et Collomb nous reconnaissons volontiers que la partie supérieure de cet énorme dépôt est incontestablement triasique. Nous entrons plus loin à ce sujet dans des détails circonstanciés, et plaçant celle-ci en regard des types offerts par le muschelkalk et les marnes irisées en Lorraine, types avec lesquels un long séjour dans le pays nous a familiarisé, nous montrons la concordance parfaite de leur composition et leur identité.

En procédant de cette manière, on arrive, par une sorte d'élimination, à dégager l'inconnu. En effet, la limite inférieure du muschelkalk étant placée en Espagne, comme elle l'est en Lorraine, au-dessous des glaises bigarrées avec gypse, qui dans l'une et dans l'autre contrée entrent d'une manière constante dans sa composition, il reste au-dessous de ces glaises un grand dépôt principalement arénacé, auquel il faut assigner une place dans l'échelle géologique. Pour la Serrania, c'est un terrain qui n'a pas moins de 5 à 600 mètres de puissance. On est d'abord naturellement conduit à le rapporter au grès bigarré; mais on ne tarde pas à reconnaître qu'autant les deux membres supérieurs du trias ont d'analogie en Espagne avec ceux des contrées typiques, autant le troisième en diffère. Vient-on à comparer, au contraire, ce puissant

la Serrania immédiatement au dessus du terrain houiller. L'analogie peut seule, il est vrai, être invoquée à l'appui de ce rapprochement. Nous n'hésitons point toutefois à le faire, car il y a, entre la composition du nouveau grès

---

dépôt arénacé aux assises qui représentent en France l'époque permienne, et par exemple, à celles qui constituent la masse principale des Vosges, on est immédiatement frappé de la quantité de rapports communs qu'ils présentent. Il y a surtout une identité de caractères lithologiques tout à fait concluante. Tels sont les motifs qui nous ont conduit à admettre l'existence du nouveau grès rouge et du grès des Vosges dans la Serrania.

Ce rapprochement est, sans doute, uniquement fondé sur l'analogie; mais il ne faut point perdre de vue qu'elle seule peut décider la question, puisque jusqu'ici on n'a rencontré dans ces terrains aucun corps organisé, fossile, caractéristique.

La Serrania n'est point la seule partie de l'Espagne où les conglomérats et les grès rouges inférieurs au muschelkalk se montrent avec quelque développement. On les retrouve avec des caractères identiques à l'extrémité orientale de la Sierra Morena, dans les environs d'Alcaraz et sur plusieurs points des provinces de Murcie et d'Andalousie; ils entrent également dans la composition du Moncayo, l'un des piçs de la Sierra d'Urbion. Dans ces différentes localités, ils renferment très-fréquemment des gîtes métallifères, contemporains des assises dans lesquelles ils sont intercalés; c'est notamment dans un gisement de cette nature que l'on exploite la calamine à Alcaraz. Cette particularité est un argument de plus à l'appui de la classification que nous proposons, car on sait qu'un des caractères constants du système permien est de renfermer des minéraux métalliques variés, en couches ou en amas contemporains du dépôt du système.

M. l'ingénieur, Lan, qui, à la suite d'un voyage en Andalousie, a publié dans les *Annales des mines* (tome XII, 5ᵉ série) une fort bonne étude sur la partie septentrionale de cette province, a observé, dans la vallée du Biar, au nord-est de Séville, une formation puissante composée à sa base de conglomérats, et, dans le haut, de psammites, d'argiles et de calcaires dolomitiques. Il ne s'est point prononcé sur l'âge de ce dépôt; il admet qu'on peut tout aussi bien le rapporter au trias qu'au système permien. Ce terrain du Biar, auquel la couleur de ses assises a valu le nom de terrain rouge, a la plus grande analogie avec celui de la Serrania, dans lequel nous voyons le représentant de l'époque permienne. Non-seulement les couches y sont disposées dans le même ordre et avec des caractères lithologiques identiques; mais, circonstance

rouge des environs de Cuenca et celle que ce même terrain présente sur d'autres points, notamment dans la région vosgienne, un ensemble de caractères communs qui ne peut appartenir qu'à des formations du même âge.

Comme dans les Vosges, le grès rouge de la Serrania renferme des conglomérats grossiers, des grès de nature variée et des argiles schisteuses avec rognons d'oxyde de fer rouge.

---

bien remarquable, malgré la distance qui sépare Séville de Cuenca, on retrouve, dans l'un et dans l'autre, des gîtes cuprifères à des niveaux qui paraissent se correspondre. Il y a donc une grande uniformité de composition entre ces puissants dépôts arénacés que l'on rencontre si fréquemment intercalés en Espagne entre le muschelkalk et le terrain carbonifère ou les formations plus anciennes. Notre conviction est qu'en les étudiant avec attention sur les divers points où ils sont développés, et principalement en Andalousie, on sera conduit à les rapporter définitivement à la période permienne.

A l'appui de cette manière de voir, on doit encore signaler l'indépendance qu'affecte assez souvent, en Espagne, le système des grès rouges par rapport aux assises triasiques. Il faut remarquer, en effet, que si les deux formations sont constamment réunies dans la Serrania, on ne trouve que la première dans les vallées du versant méridional de la Sierra Morena et qu'elle est terminée, d'une manière invariable, par l'étage des calcaires dolomitiques, c'est-à-dire précisément par les couches que nous considérons comme étant placées à la limite de ces formations. La même chose se produit à Alcaraz, où les grès rouges, couronnés par les dolomies métallifères qui en dépendent, sont immédiatement recouverts par la craie. Si on réunit ces grès aux calcaires et aux marnes triasiques pour n'en faire qu'un seul et même terrain, on éprouve quelque embarras pour expliquer la présence, dans la Sierra Morena, du membre inférieur de la formation à l'exclusion des deux autres; tandis que toute difficulté cesse au contraire, si on sépare les grès rouges du muschelkalk et des marnes irisées et qu'on considère les premières comme constituant un système complétement distinct de ceux-ci. Il y a donc de bonnes raisons pour admettre l'indépendance de ces deux groupes de couches; c'est là un argument décisif en faveur de leur séparation et de la reconnaissance de l'existence, dans l'intérieur de la Péninsule, d'un système intermédiaire entre le terrain carbonifère et le trias.

Les conglomérats sont placés à la base du dépôt; ils se présentent en masses puissantes, mal stratifiées et formées d'éléments volumineux, empruntés aux terrains préexistants du voisinage, et notamment aux quartzites du terrain de transition.

Il y a plusieurs variétés de grès. La plus commune est composée de grains de quartz assez grossiers et de particules feldspathiques blanchâtres en voie de décomposition. Ces éléments sont tantôt à peine adhérents, tantôt, au contraire, fortement agrégés; le ciment qui les réunit présente toujours une grande bigarrure de couleurs, parmi lesquelles dominent le violet, le rouge lie-de-vin et le gris. A ces roches, qui constituent la partie principale du dépôt, sont associés des grès à grains fins, avec de nombreuses paillettes de mica, les uns de nuance claire, grise ou rosée, les autres ferrugineux, d'un rouge-amarante. Ces derniers passent, par des dégradations insensibles, à des argiles sableuses qui renferment, sous forme de rognons ou même de petites couches, des parties dans lesquelles l'oxyde de fer s'est concentré, mais qui ne sont, nulle part, assez riches pour constituer de véritables minerais.

Ces diverses variétés de grès alternent, sans aucun ordre, au-dessus des poudingues à grandes parties placés à la base du dépôt.

Dans la Serrania de Cuenca, le grès rouge se montre avec un grand développement sur trois points : à Hinarejos, au pied du pic de Ranera et au sud de Boniches.

Il est très-étendu autour du terrain houiller d'Hinarejos qu'il enveloppe de toutes parts et aux allures duquel il participe. A la hauteur du pointement de transition qui est intercalé sous forme de coin dans ce terrain, on voit les conglomérats inférieurs couronner, semblables à des murailles d'un aspect éminemment pittoresque, les flancs presque abruptes du vallon du Castillejo, plonger très-fortement vers le Sud, et disparaître promptement de ce

côté, tandis que vers le Nord, au contraire, ils s'infléchissent avec une pente faible, comme les assises du terrain carbonifère auxquelles ils sont superposés. Dans cette direction, ils sont recouverts par des grès feldspathiques, peu agrégés, formant une région de collines très-accidentée que découpent un grand nombre de cols et de petits vallons secs.

Le lambeau de grès rouge qui enveloppe le petit bassin d'Hinarejos est métallifère dans quelques-unes de ses assises. Il n'est pas rare de rencontrer, dans les poudingues à grandes parties qui en forment la base, des poches irrégulières, remplies par du fer carbonaté spathique assez riche; mais ces espèces d'amas ne paraissent être nulle part assez étendus pour constituer des gîtes exploitables. Ils ont cependant donné lieu à quelques recherches dans les localités connues sous les noms de Cerro de las Minas viejas et Cuesta del Rey.

On a également fait, mais sans aucun succès, quelques travaux sur des gisements de cuivre carbonaté bleu et vert, formant de petits nids ou de simples mouches dans les grès des Barrancos del Aguilar, de las Majadillas et de las Buytreras. Le minerai y est trop peu abondant pour donner lieu à une exploitation avantageuse. Ces gîtes présentent néanmoins un certain intérêt, parce qu'ils se rencontrent, avec constance, dans les assises les plus élevées du grès rouge d'Hinarejos et qu'ayant été reconnus dans une position identique à Boniches, ils semblent former un véritable horizon à la partie supérieure du système. Dans cette localité, ils sont associés à des rognons de cuivre gris argentifère et à une veine de charbon intercalée au milieu de grès grisâtres, très-fissiles et dont les strates sont recouverts de grandes lamelles de mica et d'empreintes végétales, indéterminables. Ces gîtes cuprifères qui paraissent être contemporains du dépôt des assises gréseuses, rappellent complétement ceux que l'on observe, à un niveau plus

élevé, dans le grès bigarré des bords de la Sarre, aux environs de Sarrelouis.

Les poudingues dépendant du grès rouge que l'on observe au pied du pic de Ranera renferment aussi un gisement de cuivre argentifère ; mais celui-ci, au lieu d'être en couche, forme une veine atteignant rarement plus de 7 à 8 centimètres qui coupe manifestement les assises et pénètre même dans le terrain de transition. Le minerai est un cuivre gris, antimonial; il est associé à de la pyrite cuivreuse et aux deux variétés de cuivre carbonaté.

Dans cette localité, ainsi qu'au sud de Boniches, les assises du grès rouge s'appuient, à stratification nettement discordante, sur les pointements de terrain de transition que l'on y rencontre. Elles sont redressées suivant l'orientation E. 31° S.-O. 31° N. et plongent fortement dans des sens diamétralement opposés. Elles se trouvent par conséquent en rapport avec le mouvement de terrain qui traverse la Serrania en écharpe.

Grès des Vosges. Composition et puissance de ce terrain dans la Serrania. Sa division en deux étages. — Le grès rouge, tel que nous venons de le décrire, ne comprend que la partie inférieure du puissant dépôt arénacé qui dans la Serrania, a sa place marquée immédiatement au-dessus du terrain houiller. La partie supérieure, tout en se rattachant au grès rouge par de nombreux passages, offre cependant des différences assez tranchées pour en être séparée comme formation distincte. On n'y retrouve plus ces poudingues à grandes parties si développées dans ce dernier ; les grès y sont aussi moins feldspathiques et la bigarrure des couleurs y est moins prononcée.

Ce dépôt arénacé supérieur reposant sur le grès rouge et étant recouvert, sur quelques points de la contrée de Cuenca, comme nous le montrerons bientôt, par les assises inférieures du muschelkalk, doit par suite être rapporté au grès des Vosges ou au grès bigarré. En l'étudiant avec atten-

tion, on reconnaît bien vite que, par l'ensemble de ses caractères, il se rapproche beaucoup plus du type que le premier terrain présente dans les contrées classiques de l'Alsace et de la Lorraine que du second. C'est pourquoi nous avons été conduit à l'assimiler au grès vosgien.

Dans la Serrania, ce grès comprend deux étages bien distincts par leur nature : l'inférieur, de beaucoup le plus puissant, est presque exclusivement arénacé et quartzeux ; le supérieur est au contraire entièrement calcaire et dolomitique.

Les grès qui constituent l'étage inférieur, sont composés de gros grains de quartz et de quelques particules feldspathiques; ils sont agglutinés par un ciment ferrugineux. Les assises sont généralement peu épaisses; mais plus cohérentes que leurs analogues des montagnes vosgiennes, elles se lèvent par plaques régulières ou dalles de grandes dimensions. Leur couleur habituelle est le rouge plus ou moins foncé; dans quelques couches cependant dominent les nuances grises ou jaunâtres. Il n'est point rare d'y rencontrer de petits galets de quartz blanc, lesquels étant disséminés à tous les niveaux dans l'étage et jusque dans les assises supérieures, excluent toute idée d'assimilation avec le grès bigarré, caractérisé surtout par la ténuité de ses éléments et tendent au contraire à le rapprocher du grès vosgien. Comme autres traits de ressemblance avec ce terrain, nous noterons la propriété que possèdent beaucoup de grès rouges dans la Serrania de miroiter lorsqu'ils sont frappés par la lumière solaire, et la présence dans le voisinage des failles, de ces roches à surfaces polies et striées vulgairement connues sous le nom de *miroirs*, si communes dans toutes les parties de la chaîne des Vosges qui ont été soumises à des dislocations. Ce qui vient encore compléter la similitude, ce sont les effets identiques, résultant des dégradations produites par les agents atmosphériques; rien de plus commun que de rencontrer, à la surface des bancs de grès rouge de

la contrée de Cuenca, des rochers restés en saillie sous forme de colonnes cannelées, comme on en rencontre tant dans la chaîne des Vosges; aussi est-on amené à reconnaître qu'à beaucoup d'égards la partie de la Serrania occupée par ce terrain rappelle la nature vosgienne.

Les dolomies et les calcaires magnésiens qui le couronnent ont également quelque analogie avec ceux que l'on voit dans une position identique sur certains points de la Lorraine. Ils sont toutefois plus développés que dans cette dernière région et se présentent en assises puissantes, assez bien réglées. La plupart des roches placées à ce niveau renferment une proportion notable de carbonate de magnésie et beaucoup sont de véritables dolomies. En vue d'en fixer la composition, nous avons exécuté, sur quelques unes d'entre elles, des analyses dont nous faisons connaître les résultats.

N° 1. Calcaire sur le plateau entre la casa Mina et Garaballa; il est gris, grenu, légèrement caverneux; il est composé pour 1 gramme de :

	gr.
Carbonate de chaux	0,892
Carbonate de magnésie	0,082
Perte au feu représentant l'eau hygrométrique	0,026
Total	1,000

N° 2. Calcaire du Barranco del Buey, brun, grenu, avec de gros grains de quartz empâtés dans la roche. Il renferme :

	gr.
Carbonate de chaux	0,542
Carbonate de magnésie	0,076
Hydroxyde de fer	0,052
Résidu quartzeux	0,300
Perte au feu représentant l'eau hygrométrique	0,030
Total	1,000

N° 3. Calcaires renfermant le gîte de calamine du Castillejo; le premier est lamellaire, d'un gris jaunâtre; il pré-

sente de petites géodes tapissées de cristaux de calamine; le second est grenu, d'un gris de cendre, à cassure esquilleuse; il répand une odeur fétide par percussion. Ces calcaires renferment chacun pour 1 gramme :

	Le premier. gr.	Le second : gr.
Carbonate de chaux	0,820	0,500
Carbonate de magnésie	0,100	0,388
Hydroxyde de fer	0,034	»
Oxyde de zinc	0,008	»
Résidu argileux	0,016	0,080
Perte au feu représentant l'eau hygrométrique	0,022	0,032
Totaux	1,000	1,000

La seconde roche se rapproche déjà beaucoup de la composition de la dolomie.

N° 4. Dolomie grenue, d'un gris foncé, à cassure esquilleuse, sur le chemin de Villar del Humo à Pajaroncillo. Elle renferme, pour 1 gramme :

	gr.
Carbonate de chaux	0,548
Carbonate de magnésie	0,440
Perte au feu représentant l'eau hygrométrique	0,012
Total	1,000

C'est une dolomie contenant exactement 1 atome de carbonate de chaux pour 1 atome de carbonate de magnésie.

N° 5. Roches recueillies à la Cabeza de don Pedro, non loin de Cañete, l'une au pied de l'escarpement calcaire, l'autre au sommet. La première est grenue, d'un gris foncé, fétide par percussion, elle s'attaque complétement avec une effervescence lente et reproduit comme la précédente la composition exacte de la dolomie; la seconde ne renferme qu'un atome de carbonate de magnésie pour 3 atomes de carbonate de chaux; elle est également grenue, mais moins foncée que la première. La composition de ces roches est représentée par les chiffres suivants, qui sont rapportés à 1 gramme.

	Dolomie du pied de la Cabeza. gr.	Calcaire magnésien du sommet. gr.
Carbonate de chaux	0,532	0,740
Carbonate de magnésie	0,438	0,200
Résidu inattaquable	»	0,010
Perte au feu représentant l'eau hygrométrique.	0,030	0,050
Totaux	1,000	1,000

Ces roches dolomitiques qui constituent l'étage supérieur du grès Vosgien sont, en général, grenues, d'un gris plus ou moins foncé, avec une légère teinte bleuâtre. Quelques-unes sont bréchiformes. Celles qui sont placées à la base du système renferment assez communément de gros grains de quartz; ce qui établit leur liaison avec le dépôt gréseux auquel elles sont superposées.

De même que cela a lieu dans certains cantons de la Lorraine allemande, ces roches sont fréquemment métallifères dans la Serrania. Aux environs d'Hinarejos, elles renferment de la calamine qui y est disséminée en petits nids et sur le versant méridional du pic de Ranera aussi bien que du côté opposé, vers Talaguelas, l'hématite s'y rencontre sous forme de veines mamelonnées; elle est associée à la baryte sulfatée. Malgré cette circonstance désavantageuse, ces veines paraissent avoir été l'objet d'exploitations d'une certaine importance à l'époque reculée où le travail du fer s'exécutait dans de petites forges à bras, car on rencontre beaucoup de tas de scories dans leur voisinage.

Les gîtes métallifères associés aux dolomies vosgiennes ne sont nulle part d'une grande richesse dans la Serrania. Ils paraissent être toutefois assez constants à ce niveau dans toute l'étendue de la péninsule ibérique, et sur certains points ils acquièrent une importance considérable. Tel est notamment le gîte de calamine exploité à Alcaraz, à l'extrémité orientale de la Sierra Morena, et qui, d'après la description qu'en donnent MM. de Verneuil et Collomb, se

trouve être dans une position manifestement identique à ceux d'Hinarejos.

Dans la contrée de Cuenca, la formation gréseuse et dolomitique que nous assimilons au grès des Vosges a une grande épaisseur. On peut s'en former une idée dans la région qui s'étend au sud du petit bassin d'Hinarejos, où les couches sont relevées dans une position voisine de la verticale. D'après les mesures que nous avons prises dans cette localité, l'étage gréseux n'aurait pas moins de 300 mètres et les calcaires dolomitiques qui lui sont superposés de 40 à 50 mètres de puissance. Nous sommes, néanmoins, disposés à croire que ce ne sont là que des minima et que sur certains points la formation présente des épaisseurs encore plus considérables.

Développement qu'acquiert le grès des Vosges dans la partie centrale de la Serrania. Ses assises sont redressées parallèlement au système du Thuringerwald. —C'est surtout dans la partie centrale de la Serrania que cette dernière est développée. Elle y forme une bande d'une largeur moyenne de 10 à 12 kilomètres qui traverse la contrée en écharpe depuis les environs de Pajaroncillo et de Boniches, où elle commence à se montrer vers l'ouest, jusqu'au pic de Ranera, et elle pénètre près ce point par Sinarcas et Chelva, dans le royaume de Valence, où elle paraît avoir une certaine extension vers l'est. La disposition des assises y est remarquablement uniforme. Celles-ci sont ployées en forme de voûte s'élevant constamment à une grande hauteur au-dessus de la région occupée par les terrains plus modernes et déterminant, par suite, une espèce de tuméfaction allongée du sol, qui est l'accident orographique le plus considérable de la contrée.

Pour embrasser l'ensemble de cette disposition et en saisir en même temps les détails, il faut faire l'ascension de la Cabeza de don Pedro. La Cabeza est un revêtement de calcaire dolomitique dépendant de la formation vosgienne, situé un peu au nord de l'accident qui en a relevé les assises et

qui le domine. Quand, par un temps clair, on est parvenu au sommet de cet observatoire naturel, dont l'altitude au-dessus du niveau de la mer est d'environ 1600 mètres, on voit très-bien que le système des grès rouges détermine, dans le relief du sol de la Serrania, une espèce de gibbosité qui, commençant sur les bords du Cabriel, un peu au sud du point où l'on est placé s'étend dans la direction du pic de Ranera, que l'on distingue à l'horizon vers le sud-est. Au centre de la gibbosité s'élèvent des pitons isolés de forme conique dans lesquels les assises gréseuses sont disposées à peu près horizontalement. Ils sont flanqués, des deux côtés, par des massifs d'égale hauteur, présentant des formes abruptes du côté du redressement où sont les affleurements des couches, se terminant au contraire vers le nord-est et le sud-ouest par de grands plateaux qui n'offrent que des pentes beaucoup moins fortes. Ces massifs sont séparés de loin en loin par des échancrures qui, peu étendues à la base, vont en augmentant dans la hauteur. Les couches de grès s'y rencontrent infléchies dans le sens suivant lequel le plateau descend, elles présentent de plus, dans les intervalles qui les séparent, des déchirures profondes en forme de dents de scie, résultat de l'action violente qui les a disjointes. Rien n'est plus net que le redressement des assises du grès vosgien dans le sens indiqué. Nous verrons bientôt que le muschelkalk et les marnes irisées s'appuient sur ce terrain à stratification concordante et en reproduisent complétement les allures. Les calcaires jurassiques et la craie rejetés sur les flancs du redressement n'offrent, au contraire, dans leur stratification que des ondulations faibles, et présentent, avec ces derniers, une différence tranchée que l'on saisit très-bien du sommet de la Cabeza, pourvu que l'on sache où il faut placer les affleurements des uns et des autres. Le soulèvement qui se manifeste d'une manière si apparente dans le relief du sol de la Serrania, a donc suivi le dépôt du Trias et précédé celui de la formation jurassique. Or, une

ligne tirée du pic de Ranera au sommet d'une montagne de grès vosgien située dans la partie centrale du relèvement sur la rive droite du Cabriel et un peu au sud de la Cabeza est dirigée E. 31° S. — O. 31° N., c'est-à-dire qu'elle est sensiblement parallèle au système du Thuringerwald dont celui-ci est contemporain.

Ce ridement E. 31° S. — O. 31° N, si nettement accusé à son extrémité occidentale, dans les environs de la Cabeza de don Pedro, peut être suivi jusqu'aux confins de la Serrania vers le sud-est. On constate d'abord qu'au pied même de cette montagne il est coupé par une profonde échancrure au travers de laquelle le Cabriel a frayé son lit entre Boniches et le Cañizar, accident qui, partout ailleurs, attirerait l'attention, mais ne saurait la fixer en Espagne, tant il y est commun. Sur la rive gauche du fleuve, la gibbosité suit une ligne remarquablement droite, qui, comme on peut le voir sur la petite carte jointe à ce mémoire, détermine jusqu'au méridien d'Hinarejos la ligne de partage des eaux. Elle porte, dans cette partie de la Serrania, le nom caractéristique de *Muela* (*), qui désigne un mouvement de terrain aux contours arrondis (*fig.* 2, Pl. IX). A la hauteur d'Hinarejos on en perd complétement la trace à la surface du sol, car on peut aller de ce village à Landete, sans presque s'élever et sans quitter les calcaires du Jura en couches ondulées et le terrain tertiaire dont les assises sont horizontales. Il y a là, sans doute, une grande faille transversale qui, rejetant dans la profondeur tous les terrains

(*) *Muela*, littéralement meule, butte, tertre, dent molaire, expression qui, dans la langue imagée de l'Espagne, est fréquemment employée pour caractériser un groupe de montagnes aux formes mamelonnées, par opposition à celle de Sierra, qui s'applique aux chaînes dentelées. Ainsi la gibbosité placée sur les confins de la Castille, de l'Aragon et de Valence, dont la Serrania forme la partie méridionale, est fréquemment désignée, dans les descriptions orographiques de la Péninsule, sous le nom de *Muela d'Albarracin*.

antérieurs au Trias et le Trias lui-même, a permis aux formations jurassique et tertiaire de se déposer dans l'espace compris entre Landete, Hinarejos et Garaballa.

Un instant interrompu, le ridement se manifeste de nouveau, avec autant d'amplitude que de netteté, dans le prolongement exact de la Muela, à quelques kilomètres au sud-est de ce dernier village. On voit, en effet, tout à coup surgir au milieu de la plaine tertiaire la masse imposante et pittoresque de Ranera, dont le sommet, élevé d'environ 1.400 mètres au-dessus du niveau de la mer, est visible de la plupart des points de la Serrania. La figure 2, Pl. IX, représente la coupe du massif de Ranera, suivant une ligne normale au sens du soulèvement, dont la disposition est un peu plus compliquée que dans les environs de la Cabeza. On y remarque deux grands plateaux principalement composés de grès vosgien, et séparés par une profonde échancrure, au fond de laquelle pointent le terrain de transition et les poudingues du grès rouge, découpés de la manière la plus pittoresque. Celui du nord plonge fortement dans la direction du nord-est et près du village de Talaguelas, qui est bâti de ce côté à ses pieds; les calcaires jurassiques viennent, en couches ondulées, s'appuyer sur les assises fortement redressées du grès des Vosges. Celui du sud, beaucoup plus en saillie que le premier, constitue le pic de Ranera proprement dit. Le système gréseux du terrain vosgien atteint dans cette montagne une grande puissance; il s'élève jusqu'à son sommet, formant dans la hauteur une muraille presque verticale, qui en rend l'accès tout à fait impraticable du côté du nord. L'étage calcaire et dolomitique y est également très-développé; il commence à se montrer un peu en arrière du point culminant, en recouvrement sur le premier et plongeant comme lui vers le sud-ouest; il est singulièrement rocheux et presque complétement dépourvu de végétation. A moitié chemin de la cime de Ranera à Aliaguilla, après une descente que ces roches vives rendent

très-pénible, on voit tout-à-coup reparaître sur une grande hauteur les grès qui forment la base du terrain vosgien, et ce n'est qu'un peu avant d'arriver au village, c'est-à-dire, à une distance de 5 kilomètres du pic, que les dolomies qui leur sont superposées disparaissent définitivement sous les premières assises du muschelkalk, consistant en glaises bigarrées, gypseuses.

Cette récurrence de toute la formation vosgienne, due à une grande faille, est ce qui distingue le relèvement des assises permiennes et triasiques dans les environs de Ranera. Elle a pour effet de prolonger considérablement, vers le sud-ouest, le massif montagneux qui, sous le nom de Sierra de Mira, forme dans cette direction une sorte d'appendice au soulèvement principal.

La Sierra de Mira toutefois a peu de largeur, et à une petite distance à l'est du pic, ce soulèvement reprend sa disposition primitive extrêmement simple. Il est accusé dans cette partie de la Serrania par une double rangée de croupes gréseuses, de forme pyramidale, alignées suivant la direction prolongée de la Muela, présentant des pentes ardues dans les revers qui se font face; terminées au contraire dans le sens opposé par de grands plateaux dont l'inclinaison, relativement plus faible, coïncide avec celle des couches. Ces croupes, en saillie à la surface de la plaine basse d'Aliaguilla, s'en détachent encore par leur couleur d'un rouge sombre, qui tranche fortement sur la nuance grisâtre des calcaires jurassiques de la plaine. Près de Sinarcas et de Benagérer, elles pénètrent dans le royaume de Valence et elles s'avancent au moins jusqu'à Chelva. En limitant à cette localité le soulèvement qui a redressé les assises permiennes et triasiques suivant la direction E. 31°S., O. 31° N., on voit qu'il embrasse une étendue d'environ 60 kilomètres. C'est certainement par l'espace qu'il occupe, aussi bien que par l'amplitude des ridements auxquels il donne lieu, l'accident de beaucoup le plus considérable de la contrée.

Sierra de Valdemeca. Accident auquel elle doit son relief. — Au nord de la Cabeza de Don Pedro, où ce dernier vient se terminer du côté de l'ouest, le grès des Vosges reparaît avec un grand développement dans la Sierra de Valdemeca. On désigne sous ce nom un mouvement de terrain situé dans la pointe septentrionale de la Serranía, aux environs de Valdemeca et de la Huerta del Marquesado. La figure 4, Pl. IX, en donne une coupe transversale. On remarque qu'il est nettement accusé du côté de l'est, où il s'élève d'une manière abrupte à une grande hauteur, tandis qu'il s'infléchit au contraire en pente douce dans la direction de l'ouest, vers Valdemoro. L'arête qui en forme la partie culminante est rectiligne et orientée suivant le méridien magnétique. La formation permienne entre seule dans la constitution géologique de la Sierra de Valdemeca. A la base du grand escarpement qui la termine vers l'est affleurent les poudingues du grès rouge; le grès des Vosges les recouvre à stratification concordante vers le tiers de la hauteur et il s'élève jusqu'au sommet, présentant une suite très-épaisse d'assises de couleur rougeâtre. Ces assises sont exactement orientées comme l'escarpement lui-même, et elles plongent vers l'ouest, un peu au sud, dans la direction de Valdemoro, où elles sont recouvertes par les dolomies de l'étage supérieur et par les premières couches du muschelkalk.

D'après la disposition qu'affectent les terrains dans la figure 4, Pl. IX, on ne saurait douter que le relèvement des assises permiennes, qui a produit la Sierra de Valdemeca, ne soit dû à une faille considérable, dirigée N. 22° O., S. 22° E. On voit en effet la Sierra s'élever tout d'un coup sous forme de muraille d'une grande hauteur, à la surface d'une contrée relativement basse, qui est occupée par les calcaires jurassiques et la craie. Cet accident est un des plus importants de ceux qui par leur réunion constituent la protubérance d'Albarracin, et par son altitude il est comparable à

celui de Ranera. Pour en mesurer l'étendue, il faut se transporter au sommet de la Sierra; on peut s'avancer sur quelques bancs de grès évidés en forme de corniche et disposés en saillie le long de l'arête qui la termine; l'œil plonge alors dans un véritable abîme d'une profondeur de 800 à 1.000 mètres, au fond duquel apparaît le village de Valdemeca. La vue de ce précipice est un spectacle plein de grandeur, bien propre à donner une idée des dislocations auxquelles l'écorce terrestre a été soumise dans la plupart des districts montagneux de la Péninsule.

De l'arête culminante de la Sierra de Valdemeca on peut également remarquer que celle-ci joue un rôle assez important dans la structure orographique et géologique de la contrée. On la suit en effet assez loin dans la direction du nord; mais c'est surtout vers l'ouest que l'orientation N. 22° O., S. 22° E., se manifeste avec beaucoup d'évidence dans les assises superposées au grès vosgien, car tous les affleurements jurassiques et crétacés que l'on aperçoit entre le point où l'on est placé et Cuenca sont alignés suivant cette direction. Vers le sud, le panorama est beaucoup moins étendu, les hauteurs des environs de Cañete, comparables à celles de Valdemeca, formant un écran qui intercepte la vue de ce côté. Aussi est-il impossible de suivre sur les lieux mêmes la trace de l'accident dans ce sens. Toutefois, si on prolonge sur une bonne carte l'arête terminale de la Sierra vers le Midi, on voit qu'elle vient passer exactement par le sommet de la Cabeza de Don Pedro, et qu'après avoir arrasé le ridement dirigé E. 31° S., O. 31° N., qu'elle limite du côté de l'ouest, elle se dirige sur Villar del Humo et Villora, points près desquels le grès vosgien reparaît, par suite d'un relèvement brusque, au milieu de formations plus modernes, comme cela a lieu dans les environs de Valdemeca.

L'accident auquel est dû la Sierra de ce nom est donc, au résumé, fortement empreint dans la structure géolo-

gique de la contrée de Cuenca. C'est ce que la suite de ce mémoire mettra encore mieux en évidence en montrant qu'il n'est point isolé et qu'il y a, dans les formations superposées au terrain permien, de nombreux dérangements alignés suivant la direction du méridien magnétique. Il n'en faudrait point conclure qu'il est assez récent, car les rides que l'on observe dans ces derniers ne sont probablement que la conséquence de la réouverture d'une série de failles contemporaines, disposées à l'origine parallèlement à celle dont nous venons de suivre les traces dans toute l'étendue de la Serrania. Ces failles paraissent avoir suivi immédiatement le dépôt du terrain permien. Toujours est-il certain qu'aux environs de Valdemeca l'accident principal est antérieur au dépôt des calcaires jurassiques, qui, vers l'est aussi bien que du côté opposé, contournent l'escarpement de grès des Vosges et ne pénètrent pas dans le massif montagneux.

Grès des Vosges autour du bassin houiller d'Hinarejos. — Très-développé, comme on vient de le voir, dans les montagnes de Valdemeca et dans la partie centrale de la Serrania, le grès des Vosges se retrouve encore près de la limite méridionale, dans la région du Castillejo. Il forme autour du bassin houiller de ce nom une espèce de ceinture assez étendue dans la direction du nord, où les assises sont peu inclinées, réduite au contraire à quelques centaines de mètres du côté du sud par suite du plongement presque vertical des couches dans ce sens. Ce petit lambeau de grès vosgien du Castillejo présente d'ailleurs une composition, de tous points, identique avec celle des massifs montagneux de Ranera et de Valdemeca. A sa base on trouve un étage très-puissant, formé de petits bancs assez bien agrégés de grès grossiers de couleur rougeâtre. Il est superposé aux grès du Rothliegende, desquels il ne se distingue pas toujours d'une manière bien nette, et principalement développé dans la Peña Rubia, chaîne de collines

élevée qui domine le rio Castillejo dans la partie supérieure de son cours. Le second étage, composé d'assises calcaires et dolomitiques, souvent bréchiformes, est également représenté dans cette localité. Dans la région située au nord du bassin houiller, il couronne le système gréseux sous forme de plateaux, quelquefois assez étendus. Vers le sud il est beaucoup mieux accusé dans le relief du sol. Se trouvant en effet redressé de ce côté dans une position voisine de la verticale, et ayant beaucoup mieux résisté que les assises gréseuses aux dégradations produites par les agents atmosphériques, il s'élève à la surface sous forme d'une muraille terminée par des aiguilles dentelées. Telle est celle d'un aspect si imposant que l'on voit à une petite distance au sud de la Casa Mina, et que le Castillejo franchit dans une étroite coupure pour entrer dans la plaine de Mira.

Muschelkalk. Composition, étendue et allures de ce terrain dans la Serrania. — Immédiatement au-dessus du grès vosgien, on trouve dans la Serrania un terrain à la fois marneux et calcaire, dans lequel les fossiles sont extrêmement rares, mais qu'il est impossible, tant à raison de la place qu'il occupe, qu'à cause de certaines couches tout à fait caractéristiques, de ne point rapporter au muschelkalk. Le grès bigarré n'est donc point représenté dans cette contrée, à moins que l'on ne veuille voir son équivalent dans les dolomies qui couronnent la première formation.

Le muschelkalk est principalement développé sur la périphérie de la gibbosité que cette formation dessine dans la partie centrale de la Serrania. Disposé à ses pieds, s'appuyant sur elle à stratification concordante, il lui sert en quelque sorte de contrefort. Toutefois il se montre dans cette position plutôt par lambeaux qu'en bande continue; car, par suite de dénudations ou d'autres accidents, il est souvent caché par des terrains plus modernes, dont les affleurements s'avancent jusqu'à la base des grands pla-

teaux déclives de grès vosgien. On voit de semblables lambeaux sur ces derniers à Cañete et à Boniches, du côté du nord et vers le sud, entre Pajaroncillo et Villar del Humo, à San-Martin et à Aliaguilla.

Boniches est situé dans un pli de terrain à la limite du grès vosgien et du muschelkalk. Ce dernier se montre dans une colline située au nord du village, au sommet de laquelle se trouvent les ruines d'un ancien château; les assises sont orientées E. 30° S.-O. 30° N., et elles plongent vers le N.-N.-E. sous un angle de 50° c. A Cañete, le redressement est plus considérable encore; la ville est dominée par un escarpement fort élevé, dans lequel les couches du calcaire conchylien sont presque verticales, et le château qui la protége est construit sur une crête rocheuse faisant saillie au-dessus du niveau général de l'escarpement. On ne saurait imaginer une position à la fois plus fortement défensive et plus pittoresque.

Le muschelkalk présente, dans toute l'étendue de la Serrania, une composition remarquablement uniforme. Les calcaires, les dolomies, les marnes et les argiles qu'il renferme sont invariablement disposés dans l'ordre suivant :

1° Une assise de glaises plastiques, contenant quelques paillettes de mica, mais remarquable surtout par sa coloration en rouge lie-de-vin, bigarrée des nuances vertes et grises, qui tranche fortement sur le fond clair des autres couches. Elle est très-développée entre Boniches et Cañete, ainsi qu'aux environs d'Aliaguilla et d'Hinarejos. Elle renferme dans ces localités, sous forme de lentilles, des dépôts de gypse blanc compacte ou saccharoïde, qui sont l'objet de quelques exploitations.

2° Un système, beaucoup plus puissant que le précédent, de marnes magnésiennes, grises ou jaunâtres, sableuses, micacées, et, par suite, fortement fissiles, auquel sont subordonnés des calcaires celluleux et cloisonnés en rognons,

rempli d'infiltrations spathiques et de petites couches de dolomie marneuse (*).

3° Des calcaires dolomitiques grenus ou subsaccharoïdes en gros bancs;

4° Des calcaires compactes ou grenus, à cassure légèrement esquilleuse, d'un gris de fumée, en assises peu épaisses, alternant avec de petits lits marneux de même couleur.

La composition du muschelkalk, dans la Serrania, offre, comme on le voit, beaucoup d'analogie avec celle que ce même terrain présente en Lorraine, où il est très-développé et très-propre à servir de terme de comparaison. Dans l'une comme dans l'autre région, en effet, la formation conchylienne peut être partagée en deux étages, dont l'in-

(*) La proportion de carbonate de magnésie varie beaucoup dans les roches de cet étage, comme dans celles du système qui couronne le grès des Vosges; elle est à peine sensible dans certains échantillons, et dans d'autres elle s'élève assez pour en faire de véritables dolomies, comme le prouvent les analyses suivantes, exécutées sur trois calcaires appartenant tous au territoire de Valdemoro.

	N° 1 provenant du tertre sur lequel le village est bâti, grenu, d'un jaune brunâtre, à cassure esquilleuse.	N° 2 entre Valdemoro et Beamud, gris, rempli de cavités.	N° 3 de même provenance que le n° 1, petite couche grise, marneuse, rugueuse au toucher.
	grammes.	grammes.	grammes.
Carbonate de chaux.	0,844	0,758	0,540
Carbonate de magnésie	0,018	0,058	0,348
Hydroxyde de fer.	0,030	»	»
Résidu argileux.	0,084	0,154	0,068
Perte au feu représentant l'eau hygrométrique.	0,020	0,030	0,044
	0,996	1,000	1,000

férieur est presque entièrement marneux, tandis que, dans le supérieur, plus consistant, les roches prédominantes sont des calcaires assez souvent magnésiens. En poussant plus loin le rapprochement, on ne peut s'empêcher de reconnaître que l'analogie se maintient même dans les détails. Ainsi les glaises bigarrées, gypseuses, qui occupent la base de la formation conchylienne dans la contrée de Cuenca, (*) sont bien évidemment l'équivalent de celles que l'on rencontre en Lorraine, au même niveau, associées au plâtre, et renfermant sur quelques points des dépôts de sel gemme. L'étage des marnes grises qui les surmonte est commun aux deux contrées. Il est vrai que les assises calcaires placées au sommet du dépôt dans lesquelles se trouve, en Lorraine, le gisement habituel de l'*avicula socialis*, de l'*ammonites nodosus* et du *terebratula vulgaris* sont, au contraire, extrêmement pauvres en fossiles dans la Serrania (**), et ne justifient en aucune façon la désignation sous laquelle la formation est connue. Toutefois cette différence n'est point de nature à infirmer le rapprochement que nous établissons, car il y a telle partie de la première contrée où, les calcaires du muschelkalk devenant dolomitiques, les fossiles disparaissent presque complétement, et c'est sans doute à une circonstance de ce genre qu'il faut attribuer la rareté des débris organisés dans ce terrain aux environs de Cuenca. Les assises minces que l'on rencontre

---

(*) Les glaises bigarrées gypseuses paraissent accompagner le muschelkalk dans ses divers gisements en Espagne. C'est du moins ce que l'on peut inférer d'un passage du mémoire de MM. de Verneuil et Collomb sur le royaume de Murcie, passage dans lequel ils signalent la présence du gypse, entre les grès rouges qui représentent pour eux le grès bigarré et les calcaires du muschelkalk.

(**) Ils n'en sont pourtant pas complétement dépourvus; MM. de Verneuil et Collomb en ont recueilli sur divers points quelques-uns qui sont caractéristiques, et je possède du monticule sur lequel est bâtie la ville de Moya un échantillon de muschelkalk, à la surface duquel on remarque de mauvaises empreintes, dont la détermination, sans intérêt d'ailleurs, présenterait beaucoup de difficultés.

vers le haut de la formation présentent d'ailleurs en relief à leur surface ces empreintes allongées de forme cylindroïde, très-caractéristiques du calcaire conchylien, et elles en reproduisent, en définitive, si complétement le type bien connu, qu'il est impossible de se méprendre sur leur âge.

On retrouve le muschelkalk dans la Serrania sur quelques points qui n'appartiennent pas au soulèvement dirigé E. 31° S. Ainsi il reparaît aux pieds de la Sierra de Valdemeca du côté de l'ouest; mais comme il est promptement recouvert dans cette direction par le terrain jurassique, on n'en voit que les assises inférieures. Celles-ci sont très-développées à la base du grand plateau qui termine la Sierra de ce côté; elles renferment du gypse, des calcaires magnésiens cloisonnés, et de véritables dolomies en bancs souvent très-épais. Le village de Valdemoro est notamment construit sur un petit tertre formé par des roches de cette nature.

Le muschelkalk accompagne également le relèvement par suite duquel le terrain carbonifère et les grès de l'époque permienne se montrent le long des bords du Castillejo. Il décrit autour de ces derniers un arc de cercle qui, partant des environs d'Hinarejos, vient se terminer près de Narboneta, et les enveloppe complétement du côté de l'ouest. A Hinarejos même on trouve les assises inférieures formant un dos d'âne dont l'axe est dirigé nord-sud, et elles sont recouvertes, à stratification discordante, du côté de Landete, par les calcaires du Jura. A une petite distance de ce village, vers le midi, la formation conchylienne se montre avec tout son développement dans la Peña Rubia; elle est superposée au grès vosgien qui constitue la masse principale de cette petite chaîne, et placée au-dessous des marnes irisées. Elle paraît là avec une inclinaison faible; mais à l'extrémité méridionale de l'arc, vers Narboneta, ses assises sont fortement redressées, comme cela arrive d'ailleurs pour tous

les terrains qui flanquent, du côté du sud, le bassin houiller du Castillejo. En pénétrant dans la vallée de ce nom pour se rendre à la mine de houille, on observe un bouleversement considérable dans la stratification. Les calcaires dolomitiques qui couronnent le grès des Vosges dans cette direction s'élèvent, on se le rappelle, sous forme d'une muraille verticale, présentant une étroite coupure pour le passage du ruisseau. La partie de cette muraille qui forme le flanc oriental de la vallée a basculé sur sa base, et s'affaissant sur les marnes du muschelkalk, elle a déterminé un mouvement parallèle dans l'étage rocheux placé à la partie supérieure de la formation, de telle sorte que celui-ci semble reposer sur les marnes irisées. L'ordre de la stratification se trouve donc complétement interverti le long de ce renversement, qui s'étend jusqu'à une distance de plusieurs centaines de mètres du Castillejo. C'est au résumé un accident considérable, et qui, dans un pays aussi bouleversé que l'Espagne, montre bien la nécessité de se tenir constamment en garde contre les fausses indications que l'on pourrait tirer de certaines superpositions anormales.

Marnes irisées. Leur composition. Analogies avec le keuper lorrain. — L'analogie que nous avons constatée entre le muschelkalk de la Serrania et celui de la Lorraine se manifeste également pour le membre supérieur du système triasique. Elle est peut-être même plus complète pour ce dernier, car il est impossible de saisir une différence, quelque minime qu'elle soit, dans la composition des marnes irisées des deux régions. Ce rapprochement nous a paru présenter quelque intérêt, parce qu'il prouve que, malgré la distance de près de 500 lieues qui sépare la Serrania de la Lorraine, le dépôt du keuper s'y est effectué dans des conditions identiques. Il est vrai que ce terrain ne renfermant que bien rarement des fossiles, les caractères minéralogiques des roches et leur composition peuvent seuls être invoqués à l'appui de l'assimilation que nous établissons;

mais ils sont, comme nous nous proposons de le montrer, parfaitement concluants.

Comme en Lorraine, la masse presque entière du keuper est formée, dans la Serrania, par des marnes offrant une grande bigarrure de couleurs, et présentant fréquemment, dans le même échantillon, la nuance rouge lie de vin mêlée au gris verdâtre ou bleuâtre. Ces marnes sont magnésiennes, rudes au toucher ; elles se délitent en fragments conchoïdes, et n'offrent que très-rarement une disposition schisteuse.

Quelques couches pierreuses sont intercalées au milieu d'elles ; ce sont des dolomies ou des calcaires dolomitiques, du grès, du gypse, du sel gemme, et enfin des hydrates de peroxyde de fer argileux et quartzeux.

Les couches de calcaire magnésien sont les plus répandues dans la formation ; on en trouve à différents niveaux ; mais elles sont surtout développées à la base, vers le milieu et au sommet de celle-ci. En général, elles ne rappellent pas plus que celles de la Lorraine le facies habituel de la dolomie, bien qu'elles s'en rapprochent souvent beaucoup par leur composition. Les calcaires sont compactes, d'apparence marneuse, d'un gris plus ou moins foncé, à cassure unie et mate, assez souvent fétides par percussion. Ils forment des couches peu épaisses ayant rarement plus de 30 centimètres d'épaisseur, lesquelles sont terminées par des surfaces plates et lisses. Ceux qu'on trouve à la base du système sont grenus et même assez fréquemment cristallins ; ils se montrent aussi en bancs généralement plus puissants que les premiers.

Le carbonate de magnésie entre pour une proportion plus ou moins notable dans la composition de tous ces calcaires ; quelques-uns sont même de véritables dolomies. En vue de bien mettre en évidence ce caractère qui lui est commun avec ceux que l'on rencontre dans le keuper de la Lorraine, nous en avons soumis un certain nombre à l'analyse. Nous

donnons ici les résultats qui font connaître la composition de quatre de ces calcaires.

N° 1. Dolomie moyenne, fossilifère, sur la route d'Enguidanos à la mine de houille d'Hinarejos. Elle est d'un gris foncé, fétide par percussion, et renferme pour 1 gramme :

	gr.
Carbonate de chaux	0,510
Carbonate de magnésie	0,306
Résidu insoluble, argileux	0,108
Eau hygrométrique et perte	0,076
Total	1,000

Elle contient 7 atomes de carbonate de chaux pour 5 atomes de carbonate de magnésie.

N° 2. Dolomie moyenne, au-dessus de Villar del Humo, grise, d'apparence marneuse, à cassure lisse. Sa composition pour 1 gramme est de :

	gr.
Carbonate de chaux	0,480
Carbonate de magnésie	0,308
Résidu insoluble	0,142
Eau hygrométrique et perte	0,070
Total	1,000

Elle correspond à 4 atomes de carbonate de chaux pour 3 atomes de carbonate de magnésie.

N° 3. Dolomie en rognons de couleur nankin clair dans les marnes irisées de la vallée du Cabriel, près du pont d'Enguidanos. Elle renferme :

	gr.
Carbonate de chaux	0,500
Carbonate de magnésie	0,386
Résidu argileux	0,080
Eau hygrométrique et perte	0,034
Total	1,000

Sa composition, qui n'est point définie, se rapproche déjà beaucoup de celle de la dolomie.

N° 4. Dolomie moyenne, recueillie à la Pacheca, territoire de Moya. Elle ressemble beaucoup aux dolomies keupériennes de la Lorraine. Elle renferme le carbonate de chaux et le carbonate de magnésie atome à atome, comme le prouvent les résultats suivants :

	gr.
Carbonate de chaux	0,384
Carbonate de magnésie	0,322
Résidu insoluble	0,220
Eau hygrométrique et perte	0,074
Total	1,000

Dans la Serrania aussi bien qu'en Lorraine, on rencontre un grès formant horizon dans la partie moyenne du terrain keupérien. Il est légèrement micacé, à grains très-fins, cimenté par de l'argile et bigarré des nuances rouge clair et gris. Il rappelle en un mot complétement le type bien connu des grès de Stuttgard.

On trouve également dans les marnes irisées aux environs de Cuenca de petites assises bien réglées d'hydrate de fer argileux de couleur brune ou jaunâtre, tantôt compactes, tantôt celluleuses et remplies alors de petits cristaux de quartz. Ces couches, qui ne sont nulle part assez riches pour constituer de véritables minerais, se montrent constamment dans le voisinage du grès, auquel elles sont subordonnées. Elles reproduisent d'ailleurs complétement le facies de certaines assises du keuper lorrain, et paraissent dériver, comme ces dernières, de carbonates de fer lithoïdes (*).

Le gypse est très-abondant dans les marnes irisées de la Serrania, et s'y montre à différents niveaux. Son gisement diffère toutefois de celui des autres assises pierreuses, en ce sens qu'il ne forme aucune couche continue, mais bien

(*) Elles se rapprochent également par leur composition des roches analogues du keuper lorrain. Elles renferment constamment

plutôt des lentilles ou de simples amas au milieu des marnes.

On y constate aussi la présence du sel gemme. Il est associé au gypse et subordonné au grès, c'est-à-dire dans une position complétement identique à celle des puissants dépôts qui ont été reconnus à Dieuze, Vic et Moyenvic, dans la vallée de la Seille et dans celle de la Meurthe, aux environs de Saint-Nicolas-du-Port et de Rosières (*).

Marnes irisées entre le Cabriel et le Castillejo.—Quand on aborde la Serrania par le côté méridional, c'est dans la coupure profonde produite par la vallée du Cabriel que l'on rencontre, pour la première fois, les marnes irisées. Elles

---

une forte proportion de carbonate de chaux magnésien et des traces d'oxyde de manganèse. En voici deux exemples :

	N° 1. Hydroxyde, en petites assises brunâtres, bien agrégées, sur la route d'Enguidanos à la mine de houille.	N° 2. Hydroxyde de couleur jaune d'ocre, de la même provenance.
	grammes.	grammes.
Oxyde de fer.	0,125	0,205
Oxyde de manganèse.	traces très-sensibles.	traces.
Carbonate de chaux.	0,580	0,535
Carbonate de magnésie.	0,065	0,047
Résidu argileux et quartzeux.	0,057	0,144
Eau combinée, hygrométique et perte.	0,173	0,069
	1,000	1,000

(*) Le keuper est, pour l'Espagne, un terrain de premier ordre, à raison de l'étendue considérable qu'il y occupe. On ne le trouve pas seulement dans la Nouvelle-Castille, mais il est encore très-développé en Aragon, dans les provinces de Valence et de Murcie, ainsi qu'en Andalousie. C'est dans ces contrées, comme pour le

se montrent là immédiatement au-dessous du terrain tertiaire miocène qui forme le sol de la plus grande partie de la Manche, et s'avance, en s'élevant légèrement dans la direction du nord, jusqu'à la limite de la région montagneuse. On quitte la route de Madrid à Valence à Castillejo de Yniesta, et, après avoir passé à la Puebla del Salvador, on traverse le Cabriel sur le pont d'Enguidanos. En descendant dans la vallée, la première roche que l'on rencontre, au contact des conglomérats à grandes parties qui consti-

---

reste du continent européen, le gisement le plus habituel du sel gemme.

Les analogies de composition que nous venons de signaler tendent à présenter ce terrain sous un point de vue qui n'avait pas jusqu'ici fixé l'attention des observateurs qui ont exploré la péninsule. Les corps organisés fossiles y faisant défaut ou étant peu caractéristiques, il n'y avait qu'un moyen de le comparer à celui des régions que l'on est habitué à considérer comme typiques : c'était d'étudier les caractères lithologiques des roches qui entrent dans la composition et d'examiner leur agencement. Or le résultat de cette comparaison ne laisse aucune place au doute; il ne permet pas de saisir la moindre dissemblance. D'une part, en effet, l'identité des roches est des plus frappantes, et quant à la disposition d'ensemble des couches, elle est aussi telle que des observations déjà anciennes l'ont établie pour ces contrées typiques; les calcaires dolomitiques, le grès, le sel gemme se présentent aux environs de Cuenca dans le même ordre qu'en Lorraine. Et cette concordance dans la disposition générale des assises ne paraît pas être propre seulement au keuper de la Serrania. Ayant eu le temps d'examiner la tranchée du chemin de fer d'Alicante, à la station de Quero, où il existe un petit pointement de marnes irisées, j'ai reconnu que les assises mises à jour dans cette localité n'étaient autres que le grès médio-keupérien et la dolomie moyenne, qui sont ici associés comme elles le sont constamment en Lorraine.

Ces rapprochements ne paraîtront pas tout à fait dénués d'intérêt, surtout si l'on tient compte de la distance considérable qui sépare les points auxquels se rapportent les observations. Ils tendent à établir que les conditions dans lesquelles s'est effectué le dépôt du keuper en Espagne ne différaient en aucune façon de celles qui ont présidé à la sédimentation du même terrain dans le nord-est de la France.

tuent la base du terrain miocène, est un calcaire magnésien d'un rouge clair, empâtant quelques débris roulés de roches keupériennes, et tout criblé de cristaux de quartz bipyramidés, rougeâtres. Puis vient une puissante assise de marnes fortement bigarrée, avec de nombreux amas de gypse qui pénètrent dans le terrain encaissant sous forme de veinules s'entre-croisant en tous sens. Il y en a plusieurs variétés : la plus commune est grenue, grise, maculée de rouge tendre; une autre lamellaire, d'un rouge très-vif. C'est dans le voisinage d'un de ces amas que nous avons recueilli la dolomie d'un jaune nankin, à cassure lisse, en rognons remplis d'aspérités à la surface, qui est analysée plus haut sous le n° 3. Le quartz ferrugineux en petits cristaux est très-répandu dans le gypse et dans les marnes qui l'accompagnent. Au bas de la descente qui est rapide, on aperçoit, dans le fond d'un petit vallon latéral, le moulin d'Enguidanos, et dans l'escarpement auquel il est adossé, le grès médio-keupérien, avec les petites assises d'hydroxyde quartzifère qui l'accompagnent constamment. Ces couches, plus consistantes que les marnes, forment une saillie très-prononcée à la surface de l'escarpement; elles sont redressées sous des angles considérables et présentent des contournements nombreux. On les retrouve, du reste, avec des allures identiques au pont de Cabriel; elles sont associées, dans cette localité, à des concrétions rognoneuses de gypse grenu, dont les cavités sont tapissées d'une multitude de petits cristaux de quartz.

De ce point on a une vue assez étendue sur la vallée du Cabriel, qui est largement ouverte, et au milieu de laquelle s'élèvent de loin en loin quelques buttes isolées ayant résisté à l'érosion et que le fleuve est obligé de contourner. Le fond seul est en état de culture. Sur ses flancs dénudés, profondément ravinés et couverts de nombreux éboulis, les marnes irisées étalent leurs nuances vives, tandis que l'étage des calcaires tertiaires qui leur est superposé appa-

rait, du pont, sous forme d'une muraille aux assises régulières de couleur grisâtre. Ces contrastes donnent à la vallée du Cabriel, à la hauteur d'Enguidanos, un aspect singulier.

Pour se rendre de cette localité à la mine de houille d'Hinarejos, il faut remonter sur le plateau au nord du Cabriel et qui fait suite à celui de la Puebla; puis, après avoir circulé pendant quelque temps à sa surface, on descend de nouveau et l'on se trouve dans une plaine fortement ondulée, sillonnée par de nombreux cours d'eau qui se rendent directement à ce fleuve. Cette plaine est entièrement occupée par les marnes irisées que l'on ne quitte qu'à 1 kilomètre environ au sud de la mine, au point où l'on pénètre dans le vallon du Castillejo par un défilé étroit creusé dans les calcaires du muschelkalk supérieur. On y retrouve les roches de la vallée du Cabriel, notamment de nombreuses assises de dolomie ayant l'apparence de calcaire marneux, de petits lits d'hydroxyde quartzifère, ainsi que le grès médio-keupérien. Les couches sont toujours fortement redressées; leur direction se rapproche constamment de l'E. 30° S. à O. 30° N., c'est-à-dire qu'elle est en concordance parfaite avec le relèvement des assises du muschelkalk et du terrain permien sur lesquelles celles-ci s'appuient. Le plongement est variable, tantôt vers le N.-N.-E., tantôt dans le sens diamétralement opposé, d'où il faut induire que la formation keupérienne est plusieurs fois repliée sur elle-même. On est conduit à une conclusion semblable, en remarquant que les mêmes couches se retrouvent un grand nombre de fois sur le chemin du Cabriel à la mine de houille. Dans une assise dolimitique d'un gris foncé, répandant par percussion une odeur fétide, laquelle est associée au grès keupérien, nous avons trouvé quelques empreintes de coquilles marines. Bien qu'elles n'offrent pas assez de netteté pour être l'objet de déterminations précises, elles n'en présentent pas moins de l'intérêt, parce

qu'elles prouvent qu'en Espagne les fossiles ne font pas complétement défaut dans la partie moyenne des marnes irisées. Ayant jadis mis le fait en évidence pour la Lorraine, ce n'est point sans une certaine satisfaction que nous en avons trouvé la confirmation dans une contrée aussi éloignée.

Marnes irisées dans les environs d'Hinarejos, de Villar del Humo et de Boniches. — Les marnes irisées reparaissent avec une composition identique sur un assez grand nombre de points de la Serrania.

On les retrouve, notamment au nord du bassin houiller d'Hinarejos, dans une position symétrique à celle qu'elles occupent entre le Cabriel et le défilé du Castillejo. C'est ainsi qu'elles se montrent, dans la Peña Rubia, superposées aux couches minces de la partie supérieure du muschelkalk, et recouvertes par les calcaires jurassiques qui couronnent les principales hauteurs des environs d'Hinarejos. Toutefois, au lieu d'être fortement redressées, comme dans la région méridionale, elles n'ont plus ici qu'une inclinaison faible vers le nord, conforme d'ailleurs à celle de toutes les couches qui s'appuient sur le terrain carbonifère dans cette direction.

On les voit aussi sur les flancs du soulèvement qui traverse la Serrania parallèlement au système du Thuringerwald; mais elles occupent dans cette position moins de place encore que le muschelkalk et ne paraissent que par lambeaux épars, toujours de peu d'étendue. En parcourant la contrée, nous en avons rencontré deux : l'un sur le revers méridional de ce soulèvement, au-dessus de Villar del Humo, et l'autre sur le versant opposé, le long du chemin de Boniches à Campillo de Paravientos. Dans ces localités, les assises du keuper sont fortement relevées suivant la ligne E. 30° S., O. 30° N. Le lambeau de Villar est riche en amas gypseux, qui y sont l'objet de quelques exploitations; il renferme aussi de nombreuses assises de calcaire

magnésien; mais il est très-circonscrit, étant interrompu du côté de l'ouest par un grand accident transversal qui fait reparaître le grès vosgien dans cette direction.

Pointement de Salbacañete. Mine de sel de Salinas.—Pour retrouver les marnes irisées dans la Serrania en dehors des points qui viennent d'être signalés, il faut se transporter au nord, dans la région qui confine à l'Aragon. Au milieu des terrains plus modernes qui constituent le sol de cette contrée, on rencontre deux pointements keupériens, assez étendus qui sont placés à peu près à égale distance du soulèvement central, orienté E. 31° S.-O. 31° N. et ne paraissent être autre chose que les jalons d'un relèvement de terrain parrallèle à ce dernier, car les assises y sont fortement redressées dans cette direction. Le premier s'étend entre Salbacañete et Salinas de la Fuente del Manzano, dans la partie supérieure du cours du Cabriel; le second couvre un espace de forme triangulaire entre Perizquierdo, la Pacheca et Moya, le long du ruisseau de Mira.

Ce qui distingue le pointement de Salinas, c'est la présence du sel gemme que nous n'avons point jusqu'ici rencontré dans les marnes irisées de la Serrania. Il y existe en bancs assez puissants, intercalés au milieu des marnes gypseuses qui sont elles-mêmes subordonnées au grès médio-keupérien : il se trouve par conséquent exactement placé au niveau géologique de celui de la Lorraine. A Salinas, le sel est exploité par dissolution et le raffinage s'opère dans de grands réservoirs au moyen de l'évaporation spontanée des eaux saturées, mode de fabrication essentiellement économique, auquel se prête très-bien le climat sec et chaud de la Nouvelle-Castille (*).

(*) Dans le voisinage immédiat de la Serrania, à Minglanilla, sur la route de Madrid à Valence par Cuenca, il existe un gîte de sel gemme beaucoup plus important que celui de Salinas. Je ne l'ai point visité; mais d'après la position qu'il occupe dans la vallée du Cabriel, un peu au-dessous du pont d'Enguidanos, où nous avons vu

Marnes irisées autour de Moya. Le muschelkak reparait, par suite d'une faille, sous la ville et le château de ce nom. — Plus étendu que celui de Salbacañete, le pointement de Moya présente également quelques particularités intéressantes. Quand on se rend de Santa-Cruz à cette localité, c'est à Perizquierdo que l'on commence à voir les marnes irisées ; elles se montrent là comme dans la vallée du Cabriel du côté d'Enguidanos, immédiatement au-dessous de calcaires et de conglomérats en couches horizontales, très-puissantes qui dépendent de la formation tertiaire, miocène. Avec elles reparaissent les dépôts de gypse que l'on exploite au-dessous du hameau même de Perizquierdo et aussi ces assises brunes ou jaunâtres, toujours chargées d'une proportion plus ou moins considérable d'hydroxyde de fer qui sont constamment plus développées en Espagne que dans le type lorrain. De cette localité la vue embrasse tout le bassin keupérien de Moya ; on y remarque des accidents de terrain considérables, conséquence des dénudations auxquelles il a été soumis. Les assises marneuses peu consistantes, de beaucoup les plus nombreuses dans la formation, sont profondément ravinées et recouvertes, par places, de quelques bancs tertiaires dont la disposition horizontale est accusée par une suite de ressauts figurant de loin un escalier. Quant aux calcaires dolomitiques et au grès qui offrent plus de résistance, ils ont été moins entamés et forment des collines qui s'élèvent à une assez grande hauteur au-dessus du niveau général de la plaine. On aperçoit, du côté de Garcimolina, une semblable colline alignée suivant la direction des assises keupériennes, laquelle s'écarte peu du nord-ouest au sud-est. Le sens général de la stratification est donc ici encore remarquablement concordant avec le soulèvement qui a suivi le dépôt des marnes irisées.

---

le grès médio-keupérien associé à des marnes gypseuses, je suis disposé à croire qu'il se trouve exactement à la place de ce dernier.

Les environs immédiats de Moya offrent toutefois une exception à cette règle par suite d'un accident qui se trouve représenté sur la *fig.* 5, Pl. IX. La ville et le château de ce nom sont construits au sommet d'une butte entièrement isolée dont le pied est baigné par le ruisseau de Mira. Une faille des plus manifestes la divise en deux parties de composition bien différente. Le côté de l'ouest est exclusivement keupérien comme le reste de la plaine au milieu de laquelle s'élève le coteau de Moya; le grès et la dolomie moyenne s'y montrent en couches fortement redressées, presque verticales. Le revers qui regarde l'est est au contraire entièrement occupé par le muschelkalk; on y trouve toutes les assises qui entrent dans la composition de ce terrain depuis les gros bancs qui constituent la partie inférieure de l'étage calcaire, jusqu'aux dolomies associées aux marnes gypseuses qui marquent le passage aux marnes irisées.

La faille de Moya est orientée N. 22° O. à S. 22° E.; sa direction concorde par conséquent avec celle du relèvement qui a produit la Sierra de Valdemeca, bien que, selon toute vraisemblance, elle soit plus moderne que ce dernier. On en retrouve du reste des traces évidentes sur quelques autres points de la contrée. Prolongée en effet du côté du sud, elle vient arraser la base occidentale du pic de Ranera où l'on observé, dans les grès de l'époque permienne qui constituent la masse de cette montagne, quelques dérangements qui en reproduisent l'orientation et doivent lui être rapportés. Elle est également assez nettement accusée dans le relief du sol, car, comme on peut le remarquer sur la carte jointe à ce mémoire, toute la partie supérieure de la vallée de Mira est alignée suivant sa direction.

Le lambeau de la formation conchylienne qui reparaît à Moya, au milieu des marnes irisées, plonge vers l'est un peu nord, sous un angle de 51°C. Toute la partie du coteau qu'il recouvre étant composée de calcaires et de dolomies très-compactes a beaucoup mieux résisté que le revers oc-

cidental, presque exclusivement marneux, aux dégradations produites par les agents atmosphériques. Ainsi on explique pourquoi les affleurements du muschelkak se trouvent être notablement en saillie sur ce dernier, disposition dont, au moyen âge, l'art a profité pour donner à Moya une position des plus fortes. Il est difficile en effet d'imaginer une situation plus favorable à la défense que cette butte déjà protégée par son isolement au milieu d'une vallée largement ouverte et que termine un escarpement rocheux du plus difficile accès, au sommet duquel s'élèvent, semblables à un nid d'aigles, le château et les remparts de la ville de Moya.

Terrain jurassique. Sa composition et ses allures. Espace qu'il recouvre. — Les dépôts jurassiques tiennent une place assez considérable dans la constitution du sol de la Serrania; ils y recouvrent une surface au moins égale en étendue à celle qu'occupent le muschelkak et les marnes irisées réunis. Sur quelques points on les rencontre superposés à ces dernières; c'est notamment dans cette position qu'ils paraissent le long des bords du Cabriel sur le chemin de Boniches à Campillo de Paravientos et au sommet des hauts plateaux qui dominent à l'ouest le village d'Hinarejos. Ce gisement, toutefois, n'est pas le plus fréquent, et la place habituelle du terrain jurassique dans la contrée de Cuenca est à la base des relèvements permiens et triasiques qui la sillonnent dans divers sens. Il y forme des plaines basses, légèrement ondulées, rocheuses, où la terre végétale est rare (*) et la végétation peu active. Telle est celle que l'on observe au pied de la Sierra de Valdemeca du côté de l'ouest

(*) Dans la Serrania, comme sur tout le continent européen, les calcaires jurassiques sont recouverts par une terre d'un rouge foncé, qui n'a aucun rapport avec la roche sous-jacente. J'avais recueilli entre Valdemoro et Cuenca un échantillon de cette terre pour le soumettre à l'essai et le comparer aux terres du plateau de la Lorraine; mais il a été égaré pendant mon voyage.

et que l'on traverse pour se rendre de Valdemoro à Cuenca; telles encore celles qui s'étendent sur les deux versants du massif de Ranera, vers les confins de la Serrania et du royaume de Valence, vers Campalbo et Aliaguilla. La position déprimée de quelques unes de ces plaines s'explique d'ailleurs par l'existence de failles considérables, postérieures au dépôt du terrain jurassique. C'est un des accidents les plus fréquents de la Serrania. A la source du Castillejo, par exemple, on observe un lambeau de ce terrain qui vient buter contre les grès vosgiens,rougeâtres, placés à la base de la Peña Rubia et qui est par conséquent séparé de celui qui en couronne les hauteurs, par une partie de l'épaisseur de ces grès et par toute celle du muschelkalk et des marnes irisées, c'est-à-dire par plusieurs centaines de mètres.

Les dépôts jurassiques de la Serrania de Cuenca sont bien loin de présenter la variété de composition que l'on est habitué à rencontrer dans ces terrains. Ils se réduisent en effet à une grande masse calcaire qui se partage en un nombre considérable d'assises peu épaisses et généralement bien réglées. Telle est même la simplicité de composition du système que le facies de la roche change à peine dans toute son épaisseur; c'est, d'une manière presque invariable, un calcaire compacte, à cassure conchoïde, légèrement esquilleuse, de couleur grise ou jaunâtre. L'uniformité du dépôt n'est interrompue que vers le sommet où l'on observe quelques gros bancs de calcaire grenu, assez mal stratifiés.

Les fossiles ne sont pas très-rares dans ces calcaires, et ils sont éminemment caractéristiques des deux étages qui, d'après les observations de MM. de Verneuil et Collomb, se rencontrent avec le plus de fréquence dans la Péninsule, le lias moyen et le terrain oxfordien.

Le lias paraît dominer d'une manière exclusive dans toute la pointe nord-ouest de la Serrania, du côté de Zafrilla, de Tejadillos et de la Huerta del Marquesado,

ainsi qu'entre Valdemoro et Cuenca. Près de la Huerta, on trouve des assises toutes pétries de *terebratula punctata*, observation qui s'accorde avec celles que ces géologues ont faites dans les environs de las Majadas, de Checa et de Beteta, et qui tend à établir que la grande bande jurassique disposée sur le revers occidental de la Sierra de Valdemeca appartient tout entière à la période liasique.

Dans la partie orientale et méridionale de la Serrania, le terrain oxfordien est, au contraire, très-étendu. C'est lui notamment que l'on rencontre dans les plateaux qui dominent à l'ouest le village d'Hinarejos, à la source du Castillejo, à Aliaguilla au pied du pic de Ranera et entre la Granja de Campalbo et Manzanaruela. J'ai recueilli dans ces localités les espèces suivantes, toutes caractéristiques de l'Oxford-Clay.

A la source du Castillejo :

Spongiaires (grande espèce indéterminée).	*Ammonites biplex.*
Rhynconella (esp. ind.)	*Am. polygiratus.*
Terebratula (*id.*).	*Am. canaliculatus.*
Rostellaria (*id.*).	*Belemnites hastatus.*
	Serpula (esp. ind.).

A Aliaguilla :

Chemnitzia (esp. ind.).	*Ammonites biplex.*

Entre Campalbo et Manzanaruela :

Terebratula (esp. ind.).	*Ammonites oculatus.*
Lima proboscidea.	*Am. macrocephalus.*
Trochus (esp. ind).	*Nautilus sinuatus.*
Ammonites biplex.	

Les calcaires jurassiques se différencient nettement par leurs allures des formations auxquelles ils sont superposés. Au lieu d'être redressés, comme ces dernières, dans des positions qui se rapprochent souvent de la verticale, ils ne

présentent plus que des inclinaisons relativement faibles, mais fréquemment opposées et produisant, par suite, de nombreuses ondulations dans la stratification. Telle est leur disposition dans toute l'étendue de la Serrania. Le sens des ondulations est d'ailleurs assez variable. Sur le plateau étendu au pied occidental de la Sierra de Valdemeca, les assises jurassiques sont alignées suivant la direction de l'accident qui a produit cette chaîne, et les mêmes couches reparaissent un grand nombre de fois sur la route que l'on suit pour se rendre de Valdemoro à Cuenca jusqu'à Buenache de la Sierra, où elles se perdent définitivement sous les affleurements du terrain crétacé. C'est également dans ce sens, c'est-à-dire suivant une orientation voisine du méridien magnétique, que les affleurements des calcaires oxfordiens sont disposés entre la Granja de Campalbo et Manzanaruela; ils paraissent être là influencés par l'accident reconnu sous le château de Moya. Sur le chemin de Landete à Hinarejos, l'alignement habituel de ces mêmes calcaires est du Nord-Est vers le Sud-Ouest, avec plongement tantôt vers le Nord-Ouest, tantôt dans le sens diamétralement opposé. Il n'y a pas, comme on le voit, de direction constante pour les assises du terrain jurassique; c'est la conséquence des nombreux accidents auxquels les formations qui constituent le sol de la Serrania ont été soumises après leur dépôt. Toutefois, dans la partie septentrionale de la contrée, il semble s'être modelé sur le relèvement aligné E. 31° S.-O. 31° N. qui a suivi le dépôt du trias, et les ondulations de ses assises, sans offrir jamais les inclinaisons de ce dernier, en reproduisent fréquemment la direction, laquelle est également empreinte dans le relief du sol des environs de Tejadillos et de Zafrilla. Le terrain jurassique est assez développé dans cette région, mais il n'est pas toujours facile de le distinguer des calcaires crétacés par lesquels il est recouvert.

Ces deux formations constituent par leur juxtaposition un massif calcaire d'une grande puissance, dans lequel, ainsi que l'ont fait remarquer MM. de Verneuil et Collomb, les sources de quelques-uns des cours d'eau les plus importants de la Péninsule ont leurs réservoirs. Les failles dont la contrée est sillonnée me paraissent jouer un rôle au moins aussi considérable que la perméabilité du terrain dans la production de ces sources. C'est à une petite distance au nord de Zafrilla que se trouve la fuente Garcia d'où sort le Tage, le plus grand des fleuves de la Péninsule. Non loin de là prennent également naissance le Guadalaviar qui fertilise la célèbre huerta de Valence, le Jucar et le Cabriel, qui, après s'être confondus, arrosent la partie méridionale du royaume de ce nom. Les eaux de ces divers fleuves doivent, à leur mode d'alimentation, d'être chargées d'une assez forte proportion de carbonate de chaux qu'elles abandonnent en partie dans la région montagneuse. De là des dépôts de tuf assez importants. On en voit notamment le long du Cabriel, au-dessous de Salbacañete et au pont d'Enguidanos. Dans cette dernière localité, ils existent non-seulement dans le fond de la vallée le long des rives du fleuve, mais on en retrouve encore des traces à une assez grande hauteur sur les flancs des collines entre lesquelles elle est encaissée; ce qui semblerait indiquer qu'à une époque reculée les eaux du fleuve, retenues par une digue naturelle, ont formé dans cet emplacement un lac d'une certaine étendue (*).

(*) Les dépôts de tuf des bords du Cabriel sont des calcaires presque purs, agglutinant des plantes dont ils reproduisent les formes. Un échantillon recueilli au pont d'Enguidanos a donné :

	grammes.
Carbonate de chaux.	0,902
Résidu insoluble renfermant un peu de silice.	0,036
Oxyde de fer avec traces d'alumine.	0,010
Eau hygrométrique et perte.	0,052
Total.	1,000

Terrain crétacé, sa composition, son étendue. Le terrain crétacé est représenté d'une manière uniforme dans la Serrania par un étage gréseux, auquel succèdent quelques assises marneuses et un dépôt calcaire qui, peu développé dans la partie centrale de la contrée, acquiert, au contraire, une grande puissance vers l'ouest dans les environs de Cuenca.

Les grès qui occupent la base de la formation sont composés de grains de quartz assez grossiers et de particules feldspathiques dans un état de décomposition plus ou moins avancé. Ils renferment assez souvent de petits galets et passent aux poudingues. Cet étage gréseux n'est en général que très-faiblement agglutiné, et, quand il l'est, c'est toujours par de l'oxyde de fer; il revêt alors des nuances très-vives, parmi lesquelles dominent le rouge-amarante et le jaune, et qui, tranchant sur le fond invariablement de couleur grise, lui donnent un aspect bigarré.

Les marnes sont verdâtres; elles ne constituent qu'une assise de peu d'épaisseur, mais que l'on trouve interposée d'une manière constante dans la Serrania entre les grès et le système calcaire.

Les couches placées à la base de ce dernier sont grenues, un peu marneuses, de couleur grisâtre; elles sont peu épaisses et très-régulièrement stratifiées. Dans la plus grande étendue de la Serrania elles constituent le couronnement de la formation crétacée; mais dans la direction de Cuenca, où, comme nous l'avons annoncé, celle-ci se trouve être beaucoup plus développée, elles sont recouvertes par des calcaires saccharoïdes et cristallins de couleur blanche ou rosée, en masses puissantes assez mal stratifiées, auxquelles succèdent d'énormes bancs de calcaire gris, exploités pour pierres de taille sur de nombreux points aux environs de cette ville, et qui, formant escarpement au-dessous des murailles qui l'enceignent, en rendent la position à la fois très-défensive et très-pittoresque.

Les corps organisés fossiles ne se rencontrent que dans les calcaires et ils y sont assez rares. Je n'y ai trouvé que quelques empreintes indéterminables près Campillo de Paravientos ; mais MM. de Verneuil et Collomb ayant recueilli dans cette localité l'*ostrea flabellata*, et près de Cuenca l'*ostrea columba* et l'*hemiaster Fourneli*, ont pu assigner avec certitude l'âge des assises crétacées de la Serrania et reconnaître qu'elles appartenaient à la craie tufau ou au grès vert.

Placées constamment en relief à la surface du terrain jurassique, ces assises participent à ses allures ; elles ondulent comme lui, sans présenter jamais d'inclinaisons comparables à celles qu'offrent les formations permienne et triasique.

Le terrain crétacé recouvre, dans la Serrania, un espace assez considérable. Il y forme deux bandes à peu près parallèles et disposées symétriquement par rapport au soulèvement dirigé E. 31° S. O. 31 N., et qui occupe la partie centrale de la contrée. Celle du Nord, tres-épatée dans les environs de Zafrilla, de la Laguna, de Tejadillos et d'El Cubillo, se rétrécit à la hauteur de Moya et pénètre dans le royaume de Valence aux environs de Talaguelas. Près de Tejadillos, elle renferme dans sa partie inférieure, c'est-à-dire dans les sables kaoliniques, des gîtes peu développés de combustible minéral qui rappellent ceux beaucoup plus importants que l'on exploite au même niveau à Utrillas et à Torrelapaja en Aragon, ainsi que sur quelques autres points de la Péninsule. La bande du Sud s'étend sur 15 kilomètres de largeur entre Buenache de la Sierra et Cuenca, et elle se poursuit avec le même développement jusqu'à la hauteur de Pajaroncillo où elle commence à diminuer d'étendue pour se terminer en pointe près de Cardeñete. La petite carte jointe à notre mémoire met bien en évidence la disposition à peu près symétrique des assises crétacées par rapport au ridement contemporain du système de la Thuringe.

Terrain tertiaire miocène. Position qu'il occupe; sa composition. — En décrivant la constitution géologique de la Serrania, nous avons eu plusieurs fois l'occasion d'y signaler l'existence du terrain tertiaire. Il n'y occupe, il est vrai, qu'une place tout à fait secondaire, étant réduit à quelques lambeaux disposés dans le voisinage des deux cours d'eau les plus importants de la contrée; le Cabriel et le ruisseau de Mira. Pour le voir avec un certain développement, il faut se transporter sur la périphérie de la région montagneuse, soit à Cuenca, où, en s'étendant vers l'ouest il constitue la plaine extrêmement ravinée au milieu de laquelle la capitale de l'Espagne est assise, soit du côté du sud, où il se raccorde, par une pente douce, avec le plateau de la Manche.

Quand on aborde la Serrania par ce côté, c'est à la Roda qu'on quitte le chemin de fer de Madrid à Alicante. On est encore là dans la Manche, et l'on peut constater que cette grande plaine, aussi remarquable par sa platitude que par ses cultures, qui en font un des greniers de l'Espagne, présente une composition d'une grande uniformité, car, à part quelques pointements keupériens qui se montrent dans les environs de Quero et d'Alcazar de San-Juan, on ne voit dans la tranchée de la voie de fer autre chose qu'un calcaire lacustre, grisâtre, recouvert de terre rouge peu profonde (*).

A Villalgordo, 12 kilomètres environ au nord-est de la Roda, on traverse la vallée du Jucar, dont les flancs, passablement escarpés, offrent une bonne coupe du terrain ter-

(*) La couleur rouge intense des terres de la Manche se trouve rappelée dans les noms d'un grand nombre de localités de cette région, qui lui doivent évidemment leur origine, tels que : Torrubia, Villarrubia, Hornrubia, Pozorubio, Portalrubio, Rubiellos, etc.

Il ne faut point confondre d'ailleurs ces terres rouges, si fertiles du plateau tertiaire avec celles que l'on observe à la surface des calcaires jurassiques. Les premières sont toujours fortement calcaires, comme le prouvent les analyses suivantes qui se rapportent, le n° 1, à un échantillon de sable argileux d'un rouge de

tiaire. Il consiste là en une masse puissante de sable quartzeux, assez grossier, coloré en rouge par de l'oxyde de fer, laquelle est surmontée de quelques assises de calcaire marneux gris ou gris rosé. Vers le haut, le sable est agglutiné, d'une manière irrégulière, par un ciment calcaire, et il passe à des grès dont les bancs épais, mais peu suivis et d'apparence rognoneuse, sont exploités un peu au-dessous du plateau. Indépendamment de ces bancs, on trouve, à différents niveaux, des grenailles de diverses grosseurs qui proviennent de l'infiltration du ciment dans la masse sableuse.

La coupe de la vallée du Jucar fait assez bien connaître la composition du terrain tertiaire lacustre de la Nouvelle-Castille. C'est un dépôt extrêmement puissant, formé, pour la plus grande partie, de matériaux détritiques, coloré le plus souvent en rouge intense et couronné par un étage calcaire. A sa base, on observe, d'une manière constante, des poudingues dont les éléments toujours très-volumineux sont empruntés aux formations sous-jacentes les plus voisines. On rencontre aussi très-fréquemment, dans l'étage arénacé

---

brique, recueilli près de Castillejo de Yniesta, le long de la route de Madrid à Valence par Cuenca ; le n° 2 à une terre végétale bien agrégée, d'un rouge foncé, du plateau de Rubiellos, localité située près du Jucar, dans la région qui fait suite à la Serrania vers le Midi :

		N° 1.	N° 2.
Petits graviers et grains de quartz translucide restés sur le tamis.		6,54	11,80
Sable quartzeux, fin.		13,40	51,02
Argile renfermant une petite proportion de sable fin.		27,87	15,50
Oxyde de fer.		3,30	1,35
Carbonate de chaux	en fragments restés sous le tamis.	2,21	3,00
	associé au sable.	8,31	3,70
	en particules ténues avec l'argile.	24,50	1,23
Carbonate de magnésie.		0,40	traces très-sensibles.
Eau et matières organiques.		13,47	12,31
Totaux.		100,00	100,00

Ces terres sont remarquables en ce que, malgré leur coloration en rouge vif, elles ne renferment qu'une proportion assez faible d'oxyde de fer.

des agrégats calcaires irréguliers qui donnent à cette partie de la formation un aspect scoriacé; c'est un de ses traits les plus caractéristiques.

De Villalgordo, en se dirigeant vers le nord, on arrive sur les bords du Cabriel sans quitter la formation tertiaire qui, à Enguidanos, couronne, comme nous l'avons vu, les hauteurs, en reposant à stratification discordante sur les assises fortement relevées du keuper. Près de ce point, elle pénètre dans la vallée de Mira et peu étendue à Garaballa aux pieds du pic de Ranera; elle s'épate tout à coup à la hauteur de Landete pour constituer la plaine de ce hom; on la retrouve enfin dans la partie tout à fait septentrionale de la Serrania sous forme de petits îlots à la surface des marnes irisées qui constituent le sol des environs de Moya. Dans ce parcours, qui embrasse une étendue de près de cent cinquante kilomètres, on observe peu de différences dans la composition du dépôt tertiaire; la plus saillante consiste en ce que les poudingues placés à la base du système qui, dans le voisinage des terrains triasique, jurassique et crétacé, sont principalement composés d'éléments calcaires, ne contiennent plus sous Garaballa que d'énormes galets de grès rouge provenant de la formation permienne de Ranera.

Les allures du dépôt sont du reste constantes; les assises sont horizontales ou elles ne donnent lieu qu'à des ondulations insignifiantes, circonstance bien mise en évidence par les parties solidifiées, lesquelles se détachent sous forme de cordon en relief à la surface de la masse sableuse.

Les corps organisés fossiles sont extrêmement rares dans les assises tertiaires de la Serrania; nous n'en avons rencontré aucun. Toutefois, comme elles se raccordent manifestement avec celles de Concud, près Terruel, dans le bassin du Guadalaviar, où l'on a découvert des ossements appartenant au genre *Hipparion*, il ne saurait exister aucun

doute, tant sur leur origine lacustre que sur la nécessité de les rapporter à la période miocène (*).

On retrouve encore le terrain tertiaire moyen dans la Serrania, le long d'un des affluents du Cabriel, aux en-

---

(*) Le terrain tertiaire miocène est très-étendu en Espagne ; on n'y compte pas moins de trois grands bassins correspondants à ses principaux fleuves, ceux de l'Èbre, du Duéro, du Guadalquivir et celui de la Nouvelle-Castille, qui est traversé à la fois par le Tage et la Guadiana. En jetant les yeux sur une carte, il est facile de reconnaître que c'est à peu près toute la partie du sol de la Péninsule qui se trouve en plaine. La formation miocène est donc, pour cette contrée, un terrain de premier ordre, à raison de son grand développement superficiel.

Il y a quelque intérêt à comparer ces bassins tertiaires de la Péninsule à celui qui, de l'autre côté des Pyrénées, constitue le sol de la région connue sous le nom d'Aquitaine. *A priori*, on est disposé à admettre qu'étant seulement séparés par cette chaîne de montagnes, ils ont dû se former dans des conditions à peu près identiques, et que leur disposition et leur composition doivent par conséquent présenter beaucoup d'analogies. C'est en effet ce que l'observation confirme.

Une première analogie résulte de la place qu'occupent dans chacun de ces bassins les dépôts marins, par rapport à ceux d'eau douce. En Espagne, l'étage lacustre est constamment relégué dans la partie centrale de la contrée, tandis que les molasses marines à *ostrea crassissima*, s'appuyant sur le littoral des mers actuelles, pénètrent dans cet espace sous forme de golfes plus ou moins profonds. Cette disposition d'ensemble est identique à celle que l'on observe dans le bassin tertiaire de l'Aquitaine.

On est parfaitement fixé sur la place qu'occupent, dans cette dernière région, les assises à *ostrea crassissima*, par rapport au système lacustre ; on sait qu'elles viennent s'intercaler dans la partie supérieure du système, d'où l'on infère que le principal envahissement du bassin par les eaux salées remonte à une époque où la plus grande partie du dépôt lacustre se trouvait déjà formé. Il existe à cet égard, au contraire, encore quelque incertitude pour les bassins miocènes de la Péninsule. MM. Casiano de Prado, de Verneuil et Collomb, se fondant sur ce qu'en certains points, notamment dans les environs d'Albacete, les couches à *ostrea crassissima* se montrent aux pieds d'escarpements composés de molasses d'eau douce, pensent qu'en Espagne le dépôt de l'étage marin a précédé celui de l'étage lacustre. Je suis disposé à admettre l'opinion contraire, tout en reconnaissant l'exactitude des obser-

virons de Cañete et de la Laguna del Marquesado. Il se montre là, comme du côté de Moya, sous forme de petits îlots à la surface des terrains plus anciens et avec des caractères identiques à ceux qu'il possède dans cette localité.

---

vations sur lesquelles la manière de voir de ces géologues est basée; car, bien que la même disposition puisse être reconnue dans l'Aquitaine, rien n'est cependant mieux établi que la postériorité du dépôt marin à la masse principale de celui d'eau douce. La position fréquemment déprimée que le premier occupe, par rapport au second, résulte de ce que ce dernier a été très-inégalement dénudé, lorsque l'espace qu'il recouvre a été envahi par les eaux de la mer.

Toutefois, si la plus grande partie du bassin lacustre est inférieure aux couches à *ostrea crassissima*, il ne faut point perdre de vue qu'en Espagne, aussi bien que dans l'Aquitaine, celles-ci sont sur certains points recouvertes par un second étage d'eau douce peu puissant. Tel est celui dont M. l'ingénieur Lan signale l'existence dans la colline au sommet de laquelle est bâtie la petite ville de Carmona, à l'est de Séville.

Le terrain miocène lacustre de la Péninsule renferme-t-il, comme en France, des intercalations d'assises marines dans sa partie inférieure? C'est une question que les travaux publiés jusqu'à ce jour ne permettent point de résoudre, et qui ne pourra l'être que par des observations de détail.

Si on pousse plus loin la comparaison, on peut également constater de nombreuses analogies, sous le rapport de la composition, entre ce terrain et celui qui forme le sol de la plus grande partie de la plaine étendue au pied septentrional des Pyrénées. M. Esquerra del Bayo, qui a étudié la formation dans les environs de Burgos, y signale trois étages disposés dans l'ordre suivant, en partant des assises le plus anciennes : 1° conglomérats, grès et argiles; 2° marnes et gypses; 3° calcaires; composition qui correspond, comme on le voit, assez exactement à celle du plateau de la Manche et des environs de Cuenca, avec cette différence toutefois que dans ces localités le groupe des marnes gypseuses manque ou n'est que faiblement représenté. Dans l'Aquitaine, la base de l'étage lacustre, que nous assimilons aux bassins intérieurs de la Péninsule, est également occupée par des conglomérats, auxquels succède un dépôt arénacé; on y trouve aussi des gîtes de plâtre moins abondants et moins puissants toutefois qu'en Espagne, et notamment dans la vallée de l'Èbre, à la hauteur de Saragosse, où celui-ci existe en rognons volumineux employés comme moel-

A l'ouest de Cuenca, à la limite de la région montagneuse il acquiert un développement comparable à celui qu'il présente dans la Manche. A l'exception, en effet, de quelques pointements crétacés qui se montrent au fond des vallées, il couvre tout l'espace qui s'étend entre cette ville et Madrid.

---

lons dans la construction des murs. Quant au calcaire, il forme à différents niveaux dans la formation de grandes lentilles, qui sont plus particulièrement développées vers son sommet. Un autre trait de ressemblance entre tous ces bassins lacustres résulte de la présence fréquente, dans toute la hauteur de la formation, de rognons ou de grenailles calcaires provenant de l'agrégation inégale et irrégulière de la molasse.

Je signalerai enfin un dernier point de contact qui me paraît être essentiellement caractéristique. Ayant eu l'occasion d'analyser, pour l'exécution de la carte agronomique du Gers, un grand nombre de calcaires et de marnes appartenant au terrain miocène lacustre, ainsi que des terres végétales qui le recouvrent, j'ai reconnu, dans tous les échantillons, la présence de la magnésie en quantité notable. Cette terre y est certainement moins répandue que dans la formation des marnes irisées, et elle n'y existe jamais en quantité suffisante pour constituer de véritables dolomies; mais on l'y trouve en proportion plus considérable que dans la généralité des calcaires, et, d'un autre côté, elle est tellement constante à tous les niveaux, qu'elle me paraît être très-propre à caractériser cette formation. Tous les calcaires lacustres miocènes de la Péninsule renferment également du carbonate de magnésie. J'ai constaté sa présence dans les marnes du bassin de l'Èbre et dans les calcaires des plateaux qui entourent la Serrania. Il existe notamment dans la proportion de 1,6 p. 100 dans un calcaire d'un gris rosé recueilli entre Villalgordo du Jucar et Rubiellos. Sous ce rapport donc encore il y a analogie complète entre la Péninsule et l'Aquitaine.

Il y a une relation jusqu'ici peu remarquée, bien qu'elle soit évidente, entre la présence de la magnésie dans les calcaires de l'étage lacustre miocène de l'Espagne, et l'association à ce terrain de minéraux peu communs, dans la composition desquels elle entre comme élément constitutif. Ainsi la magnésite ou écume de mer est exploitée dans les argiles de Vallecas, près de Madrid, et d'après le *Traité de minéralogie* de Dufrénoy, la collection de l'École des mines de Paris possède un échantillon de magnésie sulfatée provenant de Calatayud en Aragon, localité qui, comme Vallecas, repose sur le terrain tertiaire moyen. A l'autre extrémité de l'Espagne, au pied du Monpichel, sur la route de Chinchilla à Murcie, MM. de Verneuil et Collomb ont également signalé l'existence

Cette région est occupée par un plateau élevé que sillonnent de profondes coupures. Aussi, à l'inverse de ce qui se passe dans la Manche, la totalité des assises qui entrent dans la composition du terrain tertiaire moyen est-elle bien mise à jour le long de la route qui relie la capitale à Cuenca. C'est toujours la même série formée, à la base, de poudingues à grandes parties et, dans la hauteur, de calcaires marneux entre lesquels s'intercale un puissant dépôt arénacé d'un brun rougeâtre, agrégé d'une manière très-irrégulière. On arrive, sans quitter ces couches, dont la stratification est horizontale, jusqu'aux pieds de l'escarpement rapide sur lequel la ville de Cuenca est bâtie, et comme les assises crétacées qui le constituent sont très-peu inclinées et qu'elles dominent le plateau tertiaire, il est impossible d'expliquer leur raccordement sans admettre l'existence d'une grande faille passant par le pied même de cet escarpement. Celle-ci est d'ailleurs très-nettement accusée dans le relief du sol et des dernières hauteurs de la route de Madrid, on voit

de ce dernier sel dans les eaux de lacs entourés par la molasse tertiaire, et qui, se desséchant en été, en permettent la récolte à l'état cristallin. Les minéraux magnésiens appartiennent à l'étage moyen du miocène lacustre, celui des marnes gypseuses. C'est également à ce niveau qu'on trouve d'autres minéraux à base de soude, qui sont associés à ces derniers dans leur gisement; tels que le sel gemme, le sulfate de soude, la Thénardite, la Glaubérite. La présence du sel gemme au milieu du terrain lacustre de la Péninsule, quoiqu'elle soit une singularité, est aujourd'hui bien établie. Quant au sulfate de soude, il est très-répandu dans ce terrain; il forme des bancs ou plutôt des lentilles d'une certaine puissance exploitées à Alcanadra et à Andosilla, dans la vallée de l'Èbre, et il se montre également à Calatayud, à Cervera en Catalogne, à Cabezon de la Sal près de Santander, et à Calmenar de Oreja et Ciempozuelos, dans la province de Madrid. La Glaubérite ou sulfate de soude et de chaux provient de la mine de sel de Villarubia, et la Thénardite ou sulfate de soude anhydre a été rencontrée dans les environs d'Aranjuez.

La plupart de ces minéraux sont propres au terrain miocène de la Péninsule, et ne se trouvent point dans le bassin du même âge, étendu au pied septentrional des Pyrénées.

très-bien que les coteaux crayeux contre lesquels viennent butter les assises tertiaires, se prolongent, tant du côté du sud que vers le nord, suivant une ligne remarquablement droite qui s'écarte peu de la direction du méridien magnétique. Cette ligne étant prise entre Cuenca et Trillo où le Tage débouche de la région crétacée pour entrer dans la plaine tertiaire est orientée E 23° N., O 23° S., et par conséquent parallèle à l'arête terminale de la Sierra de Valdemeca. On ne saurait donc voir, dans le relèvement de terrain qui constitue l'Atalaya de Cuenca, autre chose qu'une de ces failles contemporaines du soulèvement de cette montagne dont nous avons eu l'occasion de signaler l'existence dans le cours de ce mémoire, et qui a dû être ouverte de nouveau postérieurement au dépôt du terrain crétacé. Ainsi l'on retrouve des traces manifestes des accidents considérables dont la Serrania a été le théâtre, bien au delà des limites de la région montagneuse.

Résumé et conclusions. — En les réduisant à ce qu'elles ont d'essentiel, les observations contenues dans notre mémoire peuvent être résumées de la manière suivante :

I. Limité dans la Serrania à quelques pointements sans importance, le terrain dévonien présente néanmoins une constance d'allures remarquable; ses assises toujours fortement redressées sont orientées N 10° O, S 10° E et font vraisemblablement partie d'une bande de transition qui s'étend, avec cet alignement, depuis les environs de Carthagène jusqu'au Moncayo et est accusée à la surface du sol par de nombreux îlots.

II. Les couches de grès et de schistes avec gîte de combustible minéral qui affleurent dans la vallée du Castillejo à neuf kilomètres environ au sud du village d'Hinarejos appartiennent bien au terrain houiller; ce dernier a tous les caractères d'un bassin intérieur.

III. Le système permien est représenté, dans la Serrania, par un énorme dépôt arénacé que nous avons été conduit

à diviser en deux groupes dans lesquels il nous a été impossible de ne point reconnaître le nouveau grès rouge et le grès des Vosges. Il paraît être très-étendu dans la Péninsule, car il se montre sur de nombreux points avec des caractères constamment identiques.

IV. Le muschelkalk et les marnes irisées n'offrent, en Espagne, aucune différence essentielle avec les types bien connus de la Lorraine.

V. Ces terrains, ainsi que le système permien, se montrent constamment redressés, dans la Serrania, sous des angles considérables, tandis que les calcaires jurassiques et la craie ne présentent au contraire que des inclinaisons faibles.

Deux soulèvements ont surtout produit cette disposition.

L'un est celui de la Sierra de Valdemeca; il paraît avoir suivi immédiatement le dépôt du système permien; sa direction N. 22° O. — S. 22° E. se manifeste non-seulement dans l'accident principal, mais elle est accusée par une série d'entailles parallèles dont la réouverture a donné lieu à un certain nombre de grandes failles. Les principales sont celles de Moya, à l'est de cet accident, et celle de l'Atalaya de Cuenca à l'ouest.

L'autre soulèvement est orienté E. 31° S, O 31° N; il affecte à la fois le système permien et les assises triasiques et est manifestement contemporain du système de la Thuringe dont il reproduit la direction.

VI. Les calcaires jurassiques de la Serrania appartiennent aux deux étages principalement développés en Espagne : le lias moyen et le terrain oxfordien. Le premier domine exclusivement dans l'ouest, tandis que le second est surtout développé vers l'est et au sud de la contrée.

VII. Les assises crétacées de la contrée de Cuenca sont de l'époque de la craie tufau ou du grès vert; elles se divisent en deux étages, l'un de sables kaoliniques, l'autre de calcaires marneux ou grenus.

VIII. Le terrain tertiaire miocène lacustre réduit dans la

Serrania à quelques îlots est principalement développé sur sa périphérie. Il est composé de conglomérats, de molasses et de calcaires; les assises sont constamment horizontales. Ce terrain, très-développé en Espagne, présente une composition analogue à celle qu'il offre dans le bassin étendu au pied septentrional des Pyrénées.

RAPPORT

A SON EXC. M. LE MINISTRE DE L'AGRICULTURE, DU COMMERCE ET DES TRAVAUX PUBLICS,

SUR

L'ASSAINISSEMENT INDUSTRIEL ET MUNICIPAL EN FRANCE.

Par M. CHARLES DE FREYCINET, ingénieur des mines.

Le présent rapport a été rédigé en exécution de la décision ministérielle du 2 janvier 1864, prise sur l'avis du Comité consultatif des Arts et Manufactures.

L'ordre et les divisions adoptées sont conformes au programme développé dans la dépêche du 9 avril 1863, relative à un travail analogue sur l'Angleterre. On a fait rentrer dans ces divisions quelques sujets non dénommés audit programme, mais dont l'étude avait été laissée à l'initiative du rapporteur. On a réuni dans des Notes séparées, à la suite du rapport, les détails qui auraient trop chargé la rédaction ou qui ne rentraient pas directement dans le cadre tracé. De ces derniers sont quelques considérations sur la législation qu'il était difficile de passer sous silence parce qu'elle se lie aux progrès de l'assainissement.

EXPOSÉ.

Les travaux industriels, envisagés dans leur plus grande généralité, comprennent non-seulement ceux des fabriques ou des industries proprement dites, mais encore certaines

opérations qui se rattachent à la vie des cités, comme l'évacuation des résidus, l'éclairage au gaz, les sépultures, etc. Les uns et les autres peuvent agir de plusieurs manières sur la santé publique, tantôt en affectant directement les ouvriers qui les accomplissent, tantôt en corrompant l'air, les eaux ou le sol. De là divers points de vue sous lesquels nous avons à examiner les moyens d'assainissement pratiqués en France, soit dans l'ordre industriel, soit dans l'ordre municipal :

1° Opérations insalubres pour les ouvriers;

2° Infection de l'atmosphère générale;

3° Infection des atmosphères limitées;

4° Infection des eaux;

5° Infection du sol.

I. Opérations insalubres pour les ouvriers.

Les procédés employés pour garantir la santé des ouvriers sont loin, assurément, d'être aussi nombreux qu'on doit le souhaiter. Ils témoignent cependant depuis quelques années, surtout chez les grands industriels, d'une préoccupation visible d'améliorations. Les grandes fabriques construites récemment offrent assez souvent d'heureuses dispositions au point de vue de la salubrité intérieure. Elles font contraste avec les établissements anciens ou de faible importance dont les conditions hygiéniques laissent plus ou moins à désirer (*).

La matière est régie par le décret organique du 15 oc-

(*) Les inconvénients sont encore aggravés par l'insouciance des ouvriers eux-mêmes. En général ils dédaignent d'observer les précautions qui peuvent écarter le danger et, si une discipline sévère ne les oblige pas à en garder l'habitude, ils ne tardent pas à s'en départir complétement. Dans bien des usines nous avons vu des

tobre 1810 ou plutôt par les arrêtés préfectoraux pris en vertu de ce décret; car le principe même de la réglementation de la salubrité intérieure n'est pas explicitement formulé dans cet acte législatif (Note *a*).

Nous examinerons successivement les principales opérations où des procédés d'assainissement ont été introduits.

Céruse et autres dérivés du plomb. — L'industrie de la céruse a reçu de grands perfectionnements, et, à envisager les choses dans leur ensemble, on peut dire que la France est le pays où ce produit est préparé avec le moins de danger.

Trois fabriques nous paraissent mériter plus particulièrement de fixer l'attention : ce sont celles de MM. Théodore Lefebvre et Ce, à Moulin-lez-Lille, de M. Bezançon, à Paris, et de M. Bruzon, à Portillon près Tours.

La première, celle de M. Lefebvre, a été trop souvent décrite dans les livres spéciaux pour que nous ayons besoin d'en parler avec beaucoup de détails. Bornons-nous à rappeler les points principaux. La méthode de fabrication est le procédé hollandais. Les lames carbonatées, retirées des couches, sont tout d'abord dépouillées de la partie la plus friable et portées ensuite sous des cylindres cannelés qui achèvent de les décaper (Pl. XI, *fig.* 1 à 4). Le blanc en écaille qui s'en détache passe entre de nouveaux jeux de cylindres, et tombe à travers un blutoir dans des fosses souterraines où on l'hu-

---

appareils destinés à protéger les ouvriers et qui étaient mis à la vieille ferraille parce que depuis longtemps on négligeait de s'en servir. Il est telle branche d'industrie où la routine et le préjugé maintiennent les ouvriers dans des conditions hygiéniques déplorables, malgré toutes les incitations des patrons. On ne saurait croire ce qu'il a fallu de peine à certains fabricants de coutellerie pour obtenir de leurs ouvriers de repasser assis au lieu d'être couchés, position encore gardée dans plusieurs districts et qui entraîne une déformation de la poitrine.

mecte pour éviter les poussières. Vient ensuite le broyage à l'eau sous des meules horizontales. Une moitié de la céruse broyée, destinée à la vente en poudre, est séchée dans des pots et dépotée à la main avant d'être devenue friable; puis on l'écrase au moulin, on la broie sous des meules, on la passe au blutoir et finalement on la recueille dans des chariots qui sont renfermés avec le blutoir sous la même enveloppe double. On retire ceux-ci tous les matins après avoir donné douze heures à la poussière pour bien se déposer. L'embarrillage qui clôt la série de ces opérations est complété par le pressage à la machine. L'ensemble de cette fabrication se recommande : 1° par la substitution des moyens mécaniques à la main de l'homme dans les détails les plus périlleux; 2° par le parfait isolement des appareils, toujours soigneusement clos; 3° par la précaution prise d'humecter la céruse toutes les fois que les ouvriers la manipulent directement.

L'autre moitié de la céruse est l'objet d'un assainissement plus radical et qu'on ne saurait trop souhaiter de voir se généraliser : le broyage à l'huile. Au sortir des premières meules à eau, la pâte est mélangée à l'huile dans des pétrins mécaniques et passée ensuite entre des laminoirs. L'eau ne tarde pas à être expulsée par l'huile et l'on obtient ainsi le produit onctueux livrable immédiatement au consommateur. Ce mode d'expulsion de l'eau, qui supprime toute occasion de poussière, constitue un progrès capital qui ne date que de quelques années (*). Des maisons importantes ne l'ont pas encore réalisé.

Ces divers moyens techniques sont puissamment aidés par la disposition même des ateliers qui sont hauts, larges et bien aérés. Le travail, concentré le long des murs sous des châssis hermétiques, échappe aux regards du vi-

(*) Ce phénomène remarquable vient d'être l'objet des savantes recherches de M. Chevreul.

siteur, qui n'aperçoit que quelques ouvriers en apparence inoccupés. Grâce à ces sages mesures et à diverses précautions de détail qu'il serait superflu de mentionner, M. Lefebvre a pu supprimer tout accident grave d'intoxication, malgré une production qui atteindra bientôt le chiffre de 2 millions et demi de kilogrammes.

Chez M. Bezançon on emploie également le procédé hollandais. La totalité de la céruse est préparée à l'huile. Indépendamment des avantages spéciaux qui en résultent pour l'assainissement, M. Bezançon nous faisait observer que le travail à l'huile a en outre le mérite de diminuer beaucoup la main-d'œuvre et par suite le nombre de personnes exposées. Ainsi, avec 30 ouvriers, M. Bezançon fabrique aujourd'hui 50 p. 100 de plus qu'autrefois avec 80. Il faut tenir compte, il est vrai, des progrès mécaniques de tous genres réalisés dans ces dernières années.

Les ateliers, très-spacieux, élégants même, sont d'une propreté remarquable. Les premières opérations sont bien assainies. Les lames sont dépouillées par de petits marteaux-pilons, sous lesquels on a soin d'entretenir une humidité convenable, et le blanc est broyé avec un grand excès d'eau. A partir de là le procédé s'écarte notablement de celui de M. Lefebvre et devient à la fois moins ingénieux et moins salubre malgré les précautions dont on l'entoure. Au lieu d'expulser l'eau par un brassage direct avec l'huile, on commence par comprimer la pâte et par la dessécher à l'étuve de façon à avoir des pains peu résistants et donnant le moins de poussière possible (cette dessiccation a lieu sans élévation de température, parce qu'on ne se propose pas de *surprendre* le blanc pour le rendre plus friable, ainsi qu'on y tend quand on veut livrer en poudre). Les pains ainsi privés de leur eau sont concassés et portés dans les mélangeurs à l'huile. Le concassage ne laisse pas d'être assez délicat pour les ouvriers; aussi les fait-on régulièrement alterner avec ceux des autres branches de la fabrication.

Les soins hygiéniques sont parfaitement compris. Chaque fois que l'ouvrier quitte son travail, il est tenu de se laver dans des baquets de sulfure de potassium disposés extérieurement le long du mur de l'atelier. Tous les huit jours il subit la visite du médecin et un traitement énergique intervient au moindre symptôme. Depuis plusieurs années, aucun cas grave ne s'est présenté (*).

La fabrique de M. Bruzon, à Tours, offre plusieurs dispositions très-heureuses au point de vue de la salubrité. On y prépare le minium et la céruse, ce dernier produit, partie en poudre et partie à l'huile. La méthode suivie est le procédé de Clichy. Le plomb est oxydé dans un four à réverbère auquel nous reprocherons, en passant, de manquer de moyens suffisants pour dégager les vapeurs qui s'échappent par la porte du travail. La litharge destinée à fournir la céruse est attaquée par l'acide acétique qu'on expulse ensuite au moyen d'un courant d'acide carbonique engendré par la combustion du bois (**). Le blanc ainsi obtenu est traité de deux façons, selon qu'on veut livrer en poudre ou à l'huile. Dans le premier cas, le dépôt boueux de carbonate est séché à l'étuve et pulvérisé dans un broyeur hermétiquement clos. Le blutage est effectué à l'aide d'une ventilation puissante exercée dans l'enveloppe du broyeur. La poudre d'un certain degré de finesse est déplacée et lancée dans un tuyau métallique presque vertical de 7 à 8 mètres de haut, à l'extrémité duquel elle est reçue

(*) M. Bezançon, qui fait les plus louables efforts pour propager l'emploi de la céruse à l'huile, espère que la vente en poudre finira par cesser entièrement. Elle n'est maintenue, selon lui, que par les habitudes et les préjugés du commerce, notamment par la crainte d'avoir des produits moins exempts de fraude.

(**) On a essayé sans succès de la combustion du coke qui donnait une céruse impure. — On se propose d'employer les gaz d'un four Siemens qui va être mis en œuvre pour une autre branche de fabrication. Nous citons ce détail comme un bon exemple d'utilisation des gaz perdus.

dans un réservoir fermé, tandis que la colonne d'air, brusquement infléchie dans sa direction, redescend par un tuyau parallèle et revient au ventilateur. Le broyeur est alimenté par un distributeur contenu dans une gaîne qui communique à la cheminée de quelques fours à zinc. L'aspiration est puissante, car au moment du chargement, loin que les poussières rentrent dans l'atelier, c'est au contraire l'air du dehors qui se précipite dans la gaîne. Des appareils exactement semblables sont consacrés au travail du minium. Le broyage et le blutage s'effectuent avec les mêmes soins et avec le même succès. Le seul point défectueux dans cette organisation remarquable est l'embarrillage qui s'exécute encore sans presse mécanique.

La préparation de la céruse à l'huile est, comme chez M. Lefebvre, tout à fait exempte de dangers. La pâte, reprise telle quelle dans les cuves à acide carbonique, est portée dans des mélangeurs bien clos. L'eau est expulsée sous des laminoirs chauffés intérieurement à la vapeur dans le but d'activer l'opération.

Rien de particulier à dire sur les soins hygiéniques qui ne diffèrent pas de ceux qu'on prend dans les autres établissements. Le personnel est bien portant, malgré une production active qui ne s'éloigne guère de 2 millions de kilogrammes par an, céruse et minium réunis.

Les autres industriels ont adopté plus ou moins les perfectionnements que nous venons de rapporter, sans présenter toutefois d'ensemble aussi satisfaisant. Chez M. Orsat, à Clichy, qui fabrique par les deux méthodes hollandaise et française, le broyage vient d'être amélioré par la mise en communication de l'enveloppe des meules avec un ventilateur, en même temps que par l'installation de doubles ramasseuses qui dispensent d'ouvrir le bâti autrement que pour charger. Il convient aussi de citer une innovation très-importante relative à la manipulation des pains de céruse et qui diminuera beaucoup le contact des ouvriers.

L'étuve sera constituée par une longue galerie en briques parcourue par un chemin de fer. Les terrines humides, placées sur des chariots, entreront par un bout et ressortiront séchées par l'autre, après trois jours environ (*).

Chez M. Isidore Poelman, près Lille, on doit signaler le mode d'écaillage des lames, qui supprime tout dépouillement préliminaire à la main. Le plomb retiré des fosses est immédiatement versé dans une trémie. Il est distribué à un tamis circulaire en fer à grands jours, dans l'intérieur duquel sont fixées deux battes également en fer, servant à donner des chocs aux lamelles pour les battre et en détacher le carbonate. Les écailles sont reçues dans un baquet, tandis que le plomb non oxydé tombe dans une caisse à l'extrémité du tamis. Toutes les parties de cet appareil sont hermétiquement fermées.

Nous citerons pour mémoire les fabriques d'acétate de plomb, assez nombreuses en France, mais dont aucune n'a une grande importance. La préparation de ce sel est d'ailleurs moins périlleuse que celle de la céruse. Des précautions sont cependant nécessaires. Elles se réduisent le plus souvent à des soins hygiéniques. M. Boyer, à Grenelle, oblige ses hommes à se laver les mains dans une solution d'acide sulfurique faible, toutes les fois qu'ils interrompent leur travail. M. Hardel, à Dieppedale-lez-Rouen, leur fournit pour le même objet du savon caustique. M. Camus, à Ivry, fait en outre porter un masque préservateur aux ouvriers qui embarrillent l'acétate solide. Nous reviendrons sur ce détail en traitant des appareils respiratoires.

Il nous reste, pour terminer ce sujet, à mentionner une tentative qui ne tendrait à rien moins qu'à faire disparaître l'emploi de la céruse : nous voulons parler de la substitution du blanc de zinc au blanc de plomb. La nouvelle couleur

(*) Ce perfectionnement, en voie d'installation lors de notre visite, doit être accompli aujourd'hui.

est déjà entrée en proportion notable dans la consommation. Elle fournit, assure-t-on, des tons aussi blancs et inaltérables à l'air, même sous l'influence de l'hydrogène sulfuré. Mais il ne paraît pas qu'elle puisse lutter d'éclat avec la céruse; en outre, il faudrait remplacer les diverses couleurs dérivées du plomb par des produits analogues tirés du zinc. La question a été partiellement résolue, mais il reste encore assez de difficultés à vaincre pour que la céruse continue à avoir un grand débouché. D'autres corps, tels que le sulfate de baryte, ont été également proposés, mais avec moins de succès que le blanc de zinc. D'ailleurs l'introduction de la céruse à l'huile, en diminuant le danger, tend à diminuer aussi l'intérêt du problème.

Émaillage au plomb. — Nous rangeons sous la dénomination générique d'*émaillage* plusieurs industries qui ont pour objet de fabriquer des émaux plombeux ou de les appliquer sur divers corps. Elles ont toutes un caractère commun, qui est de donner lieu à des poussières éminemment insalubres. Les moyens d'en préserver les ouvriers varient d'ailleurs selon la nature des opérations.

Chez MM. Engler et Krauss, à Paris, où l'on émaille les supports des fils télégraphiques, les émaux sont broyés dans des moulins parfaitement clos. La poussière recueillie à la partie inférieure est appliquée, soit à chaud, soit à froid, au moyen de tamis couverts agités par l'ouvrier sous une cheminée à large section et pourvue d'un bon tirage. Cette cheminée est vitrée en avant et en arrière, à la hauteur de la table qui supporte les objets à émailler; dans le châssis vitré d'avant est ménagé une ouverture suffisante pour que l'ouvrier puisse introduire la pièce chargée du crochet rougi et le couvrir de poudre. La poussière qui tombe du tamis ainsi que les vapeurs produites par la fusion de l'émail sont emportées dans la cheminée.

M. Paris, à Bercy, qui fabrique des émaux pour plusieurs

maisons, a muni ses ouvriers d'un appareil respiratoire de son invention. Cet appareil, que nous décrirons plus tard, est employé non-seulement dans l'atelier d'émaillage, mais aussi dans ceux de broyage et de composition des mélanges pulvérulents. L'application se fait d'ailleurs sous une cheminée aspiratoire comme chez M. Engler. Cet industriel se préoccupe en outre d'assainir la fabrication en introduisant des émaux exempts de plomb et d'arsenic.

Chez MM. Jacquemin, à Voujeaucourt, qui émaillent tous les ustensiles sortis de l'importante fabrique de MM. Japy, on emploie deux sortes d'émaux; 1° un émail gris, c'est-à-dire noircissant à la cuite, qui ne contient ni plomb ni arsenic et qui est appliqué à l'état pulvérulent; 2° l'émail blanc ou plombeux ordinaire qui est appliqué à l'état liquide pour prévenir les accidents dus aux poussières. Le broyage des émaux a lieu sous l'eau. Quant aux dispositions matérielles des ateliers, elles sont très-défectueuses. MM. Japy se proposent, s'ils se mettent à faire l'émaillage eux-mêmes, comme c'est probable, d'organiser une ventilation artificielle, agissant de haut en bas pour rabattre les poussières sur le plancher. Ce mode d'aération est en effet le seul rationnel avec une matière aussi lourde que la poudre des émaux.

La fabrication des verres-mousseline ou vitraux à dessins pour portes, cloisons, etc., donne lieu à des dangers analogues. Les dessins sont obtenus de deux manières. Par la première on applique sur le verre un enduit plombeux qu'on fait sécher, et qu'on brosse ensuite à travers les interstices d'une plaque en cuivre découpée à jour suivant le dessin qu'on veut obtenir. Après cela on cuit pour fixer l'enduit restant. L'opération est très-insalubre à cause des poussières que dégage le brossage. On a cherché à les diminuer en gommant très-peu l'enduit, mais alors le brossage devient fort délicat. La seconde méthode consiste à recouvrir le verre d'un papier découpé à jour et à l'introduire dans une boîte où l'on a préalablement mis en sus-

pension une poudre d'émail très-fine, qui se dépose lentement à travers les interstices du papier. Le danger vient de ce qu'il faut ouvrir la boîte et de ce qu'on inonde alors l'atelier de poussière. M. Decoin, à Paris, a assaini cette opération en adaptant au dehors de la boîte des soufflets mécaniques à l'aide desquels on soulève la poudre une fois que les plaques de verre ont été enduites et renfermées dans la boîte.

Étamage des glaces. — On sait que les ouvriers sont exposés au tremblement mercuriel par suite des émanations qu'ils aspirent pendant le travail. Les ateliers d'étamage de la compagnie de Saint-Gobain, Cirey et Chauny, situés à Paris, sont ceux où l'on prend le plus de précautions. On avait essayé, il y a quelques années, d'organiser une aspiration au-dessus des tables, mais d'une part elle était inefficace et, d'autre part, elle n'aurait pu parer à plusieurs causes de danger qui subsistent dans l'atelier, indépendamment du travail même des tables. Voici l'ensemble des mesures adoptées actuellement :

La première de toutes consiste à occuper les ouvriers à l'étamage une faible partie du temps. Ils n'étament que deux fois par semaine, trois au plus, de six heures du matin à midi. Pendant toute la durée du travail on a soin de maintenir ouvertes toutes les fenêtres de l'atelier, très-vaste d'ailleurs et bien aéré. Les tampons de flanelle avec lesquels on fait l'étendage du mercure sur les feuilles d'étain sont armés d'un bâton de $1^{m},20$ de longueur, de façon que les émanations s'élèvent toujours loin de l'ouvrier. On conserve le mercure dans des vases fermés ; le couvercle en entonnoir est percé seulement d'un petit orifice pour recevoir le mercure qui découle des tables. Les draps, à travers lesquels il passe pour se purifier en tombant dans les vases, ne sont pas secoués à l'air libre, comme il arrive trop souvent ; mais ils sont battus par un agitateur contenu dans un moulin parfaitement clos. En outre les ouvriers

sont soumis à certains soins hygiéniques analogues à ceux des fabriques de céruse (*).

Le grand perfectionnement de cette industrie consisterait dans la suppression même du mercure. C'est à cela que tend le nouveau procédé d'argenture de MM. Brossette et C[ie] à Paris, qui livrent déjà une quantité considérable de produits. Leur procédé, graduellement amélioré, se résume aujourd'hui dans les opérations suivantes :

La glace, soigneusement nettoyée, est placée dans une position bien horizontale sur une table en fonte. On répand dessus une dissolution étendue de nitrate d'argent ammoniacal et d'acide tartrique. Au bout de vingt-cinq minutes environ, sous l'influence d'une température de 40 à 50 degrés, la couche d'argent s'est formée et recouvre entièrement la glace. Celle-ci est inclinée, lavée à l'eau pure, et soumise de nouveau à une opération en tout semblable à la précédente, si ce n'est que l'agent réducteur, l'acide tartrique, s'y trouve en plus grande quantité. Après cela la glace est séchée et la face argentée est recouverte d'une couche de peinture à l'huile au minium.

Les autres fabricants reprochent aux glaces argentées de se tacher et de jaunir. M. Brossette convient que jusque vers 1863 il se produisait effectivement des taches analogues à celle que fait naître l'humidité sur les glaces étamées, mais il affirme que ce défaut est tout à fait prévenu par ses nouveaux perfectionnements. Quant à la teinte un peu jaunâtre, elle pourrait peut-être, comme l'a fait remarquer M. Peligot, devenir moins sensible par le choix judicieux du verre, qui est toujours lui-même légèrement et diversement coloré.

La dorure au mercure entraîne des inconvénients ana-

(*) On ne peut prétendre à leur faire porter des gants parce qu'ils sont obligés de déployer une grande finesse de doigté dans l'ajustement de la glace sur la table.

logues à ceux de l'étamage. Cette industrie ne s'exerce guère aujourd'hui que dans de très-petits ateliers ou chez des ouvriers en chambre. La précaution habituelle, dont on peut voir un bon spécimen chez MM. Bonin et C[ie] à Paris, consiste à abriter la forge à vaporiser le mercure sous une hotte vitrée, surmontée d'une bonne cheminée de dégagement. L'ouvrier travaille en passant les bras sous le bord de la vitrine qui descend jusque vers le milieu de sa poitrine. Si la salle est d'ailleurs bien ventilée, l'opération est à peu près exempte de dangers.

Fulminates et amorces. — La préparation de ces substances donne lieu au danger d'explosion ainsi qu'à une insalubrité particulière due au dégagement de vapeurs vénéneuses quand le fulminate est à base de mercure.

L'établissement de MM. Gaupillat et fils, à Bellevue (Seine), présente des dispositions extrêmement remarquables en ce qui concerne le danger d'explosion. On y fabrique deux sortes d'amorces, l'une à base de mercure et l'autre à base de plomb.

La préparation du nitrate acide de mercure s'effectue dans des ballons en verre dont le col s'engage dans un tuyau en grès débouchant à la cheminée des foyers. La réaction de ce produit avec l'alcool a lieu dans de grandes jarres en grès. Les vapeurs sont condensées dans une bonbonne également en grès suivie d'un tuyau serpentant en zigzag le long du mur, afin de mieux retarder le gaz, et aboutissant à une dernière bonbonne où la quantité de liquide recueillie est tout à fait insignifiante. La vidange des bonbonnes se fait dans des bacs souterrains. Les soudures des appareils, malgré tout le soin apporté, n'empêchent pas complétement les fuites, et quant à la vidange, elle est assez malsaine pour les ouvriers. Au total, cette disposition est fort inférieure à celle que nous avons décrite dans notre rapport sur la Belgique et la Prusse : aussi

MM. Gaupillat vont-ils probablement l'adopter chez eux.

L'application de la poudre aux capsules est entourée de précautions nombreuses. Sans parler de l'installation générale des ateliers, construits en matériaux des plus légers et isolés les uns des autres par de hautes fortifications en terre gazonnée, nous devons mentionner particulièrement le procédé de chargement mécanique des capsules. L'appareil consiste dans une boîte à trois fonds percée de trous. Les trous du premier et du troisième fond se correspondent exactement. Ceux de la plaque intermédiaire peuvent à volonté correspondre pareillement aux autres, mais au repos cette plaque intercepte toute communication entre eux. Les capsules vides sont disposées sur le fond inférieur, et la poudre est chargée sur le fond supérieur. L'ouvrier, séparé de l'appareil par un bouclier en tôle, donne au moyen d'un déclic un léger glissement à la plaque du milieu dont les orifices arrivent ainsi en correspondance avec les autres et livrent passage à la poudre. Il retire ensuite, avec une poignée, la plaque de fond contenant les capsules chargées, et il la passe sous une presse dont les dents, correspondant exactement aux capsules, appliquent la poudre à la pression voulue.

Les amorces au plomb (*) ou *amorces de Paris*, constituent aujourd'hui la partie principale de la fabrication. Cette nouvelle poudre, beaucoup plus explosible, offre des avantages de prix qui lui ont permis de prendre une grande extension malgré les extrêmes dangers inhérents à son maniement. C'est là que MM. Gaupillat ont dû déployer toutes les ressources de leur art. La solution à laquelle ils sont arrivés, après de nombreuses vicissitudes, est aussi simple qu'ingénieuse. Elle repose sur ce double principe : 1° composer le mélange explosible sous la forme pâteuse et l'ap-

(*) Nous n'indiquons point la composition de ce produit que MM. Gaupillat nous ont prié de ne pas faire connaître.

pliquer à un état d'humidité tel qu'aucune explosion ne puisse survenir; 2° diviser la matière par fractions en quelque sorte infiniment petites pendant toutes les manipulations ultérieures, afin que si une explosion a lieu, elle soit graduelle ou successive au lieu d'être instantanée, de façon qu'en place d'un choc violent on ait un coup très-allongé, sans danger aucun pour la sécurité. Le premier point a été résolu au moyen d'une solution de gomme adraganthe, au degré convenable, dans laquelle on délaye le mélange explosible. Le second point mérite explications.

La pâte est placée dans un chariot qui glisse sur un long chevalet et la distribue à une batterie de plaques de cuivre percées chacune de 250 trous contenant la charge d'autant de capsules. Les plaques sont retirées, nettoyées et chargées sur des chariots en fer, en observant toujours le même principe de division; c'est-à dire que les rangées de plaques alternent sur le chariot avec des feuilles de tôle destinées à empêcher ou du moins à retarder la propagation de l'explosion d'une rangée à l'autre. De même les chariots sont disposés dans autant de compartiments séparés les uns des autres par des murs. Les plaques, convenablement séchées dans des étuves à température constante, sont emportées dans l'atelier de la presse, où elles s'ajustent sur des plaques semblables munies de capsules vides. Elles passent ensuite sous une presse très-énergique dont les dents enfoncent les charges de poudre dans les capsules. On remarquera ce qu'a de particulièrement heureux une combinaison en vertu de laquelle la poudre, une fois composée, ne subit plus qu'une seule manipulation, à savoir la distribution aux plaques. A partir de ce moment, elle n'est exposée à aucun contact; c'est la plaque chargée, tenue par une poignée, qui devient en quelque sorte la matière du travail. Or, grâce à la division extrême de la poudre, ces plaques sont tout à fait inoffensives; quand la conflagration se détermine dans l'une d'elles, l'ouvrier qui la tient

n'a pas même la main blessée. Les résultats obtenus par cette méthode sont tellement satisfaisants que MM. Gaupillat se préoccupent des moyens de l'appliquer au fulminate de mercure. Malheureusement les métaux, le cuivre surtout, sont attaqués par cette substance. On fait en ce moment des essais avec des plaques de fer. En résumé il se trouve que c'est en recourant à une poudre de nature plus explosible qu'on a rendu les opérations moins dangereuses (*).

Phosphore et allumettes phosphoriques. — La fabrication du phosphore blanc et moins insalubre que celles des allumettes phosphoriques (**). Elle exige néanmoins diverses précautions. MM. Coignet frères et Cie, à Lyon, qui sont les grands producteurs du phosphore en France, ont fait des efforts louables pour assainir leur industrie. En principe, dans toutes les opérations qui font suite à la distillation, le phosphore est sous l'eau; l'ouvrier ne le touche jamais. Quant à la distillation elle-même, elle a lieu dans des cornues bien installées, lutées avec un soin parfait. On sent fort peu d'odeur dans l'atelier, ouvert d'ailleurs à tous les vents. Le tamisage à travers la peau de mouton chamoisé s'opère dans un cylindre clos, rempli d'eau chaude. Le

---

(*) Nous regrettons de ne pouvoir faire mieux apprécier les procédés de MM. Gaupillat en décrivant avec quelques détails les appareils ingénieux employés aux diverses opérations, notamment à la distribution de la poudre aux plaques. Mais nous craindrions de divulguer des secrets industriels.

(**) Ce fait, mis en évidence par les observations recueillies à Lyon, parait tenir, d'une part, à ce que les émanations phosphorées sont surtout nuisibles à une faible distance comme dans le trempage des allumettes, et d'autre part, à ce que les vapeurs engendrées ne sont pas identiquement les mêmes dans les deux cas; il paraîtrait que dans l'atmosphère des fabriques de phosphore c'est l'acide qui domine et que dans celle des fabriques d'allumettes c'est la vapeur de phosphore. Il faut tenir compte aussi du genre de vie des ouvriers, très-différent dans les deux industries.

phosphore fondu étant introduit sur la peau, l'eau qui le surmonte est mise en communication avec une presse hydraulique dont l'action détermine le tamisage. Le soufflage au tube, ayant pour objet de débiter le phosphore en baguettes cylindriques, est remplacé par le moulage sous l'eau. La matière liquide est versée dans des bassins à fond cannelé, où elle prend la forme de billes de chocolat. On écoule l'eau chaude qui garnit les bassins et on la remplace par un courant d'eau froide qui produit la solidification immédiate du phosphore. L'ouvrier est ainsi soustrait à la plus puissante cause d'insalubrité qu'on observe dans cette industrie.

La préparation du phosphore amorphe, monopolisée, comme on sait, par les mêmes fabricants, comporte également quelques moyens d'assainissement. Le phosphore blanc est placé dans une marmite en fer fermée par un couvercle soigneusement vissé et luté. Le centre du couvercle est percé d'un trou dans lequel passe un tube en cuivre porteur d'un thermomètre afin d'assurer le maintien de la température entre 260 et 280 degrés, pendant quinze jours consécutifs. Primitivement la marmite était absolument hermétique, en sorte qu'il s'y établissait une énorme pression, qui a mis en danger la vie des ouvriers. MM. Coignet ont reconnu par une série d'expériences qu'on pouvait, sans inconvénient pour la qualité du produit, laisser ouvert le tube thermométrique. Le phosphore amorphe solide qu'on en retire est broyé par des meules siliceuses sous l'eau, et purifié au moyen d'une solution de soude caustique bouillante. La réaction de l'alcali sur le phosphore blanc détermine un dégagement abondant d'hydrogène phosphoré. La hotte en relation avec la cheminée, qui surmonte la chaudière, est insuffisante pour protéger les ouvriers : aussi MM. Coignet vont-ils abriter la chaudière sous un châssis vitré débouchant dans le foyer.

Nous n'avons rencontré aucune fabrique d'allumettes au phosphore blanc qui mérite d'être citée au point de vue de

l'assainissement. Nulle part des dispositions d'ensemble n'ont été adoptées. Tout se réduit à des hottes de dégagement (tout à fait insuffisantes par suite de la pesanteur spécifique des vapeurs phosphorées) au-dessus des fourneaux et des tables de trempage, et à quelques précautions de détail parmi lesquelles nous retenons les deux suivantes : chez M. Bernhard, à la Villette, on veille à ce que les ouvriers se lavent les mains, chaque fois qu'ils quittent le travail, avec un savon sableux très-caustique qui enlève bien le phosphore incrusté dans les pores (*). Chez MM. Toyon, Delpit et Cie, à Nantes, on s'est attaché à composer des pâtes beaucoup plus épaisses et plus fortes qui fixent davantage le phosphore et paraissent rendre les dégagements beaucoup moins intenses. Chez les mêmes industriels on prend une autre précaution, étrangère au phosphore lui-même, mais qui n'en est pas moins un progrès hygiénique dans les fabriques d'allumettes. On sait que les bois, après avoir été découpés et séchés, sont portés aux ouvrières qui les assemblent de longueur dans des caisses et les repassent aux monteuses de cadres. Cet assemblage est accompagné d'un dégagement de poussière de bois très-ténue qui couvre les ouvrières comme de farine et finit par irriter fortement leurs bronches. Chez MM. Toyon on a soin de nettoyer préalablement les bois dans une sorte de machine à vanner avec blutoir, en sorte qu'ils arrivent à l'atelier parfaitement exempts de poussière.

Le véritable assainissement consiste dans la suppression même du phosphore blanc. Chacun connaît les allumettes au phosphore amorphe, fabriquées par M. Coignet. Les

(*) M. Bernhard assure qu'une grande partie des accidents provient du phosphore solide absorbé par la peau des mains durant les diverses manipulations. Nous avons vu chez M. Bernhard un ouvrier occupé au trempage depuis dix ans et qui n'a jamais eu d'accident, grâce, dit-il, à la précaution prise par lui de se savonner exactement en sortant des travaux.

opérations relatives à cette industrie ne présentent aucune espèce de dangers. Le phosphore amorphe est mis en pâte avec de la colle-forte et sert à peindre le papier sur lequel l'allumette doit être frottée. Le bout de celle-ci est formé, indépendamment du soufre, par un mélange de chlorate de potasse et de sulfure d'antimoine. Ainsi, non-seulement le trempage et le séchage sont assainis, mais le dégarnissage des cadres et la mise en boîte ne peuvent plus occasionner de ces brûlures si fréquentes avec le phosphore ordinaire. On reproche à ce produit de nécessiter l'emploi d'un papier qui s'altère à l'humidité, et qui, dans tous les cas, est mis ordinairement hors d'usage bien avant que la boîte d'allumettes soit consommée. En outre le prix de vente est plus élevé. MM. Coignet font en ce moment tous leurs efforts pour prévenir ces reproches, qu'ils reconnaissent en partie fondés. Les derniers papiers que nous avons vus sont bien supérieurs à ceux des années précédentes.

Diverses sortes d'allumettes sans phosphore ont été également proposées, mais elles se sont moins répandues que celles au phosphore amorphe. Nous citerons notamment les pâtes de M. Canouil, composées en associant le chlorate de potasse avec des éléments tels que le bichromate de potasse, le nitrate de plomb, l'oxysulfure d'antimoine, etc.

Sulfure de carbone. — Les ouvriers exposés aux vapeurs de sulfure de carbone sont sujets à des phénomènes morbides d'une extrême gravité, qui peuvent même aboutir à l'aliénation mentale ou à une prostration voisine de l'idiotisme (*). A cette grave insalubrité s'ajoute le danger d'incendie dans les cas où le sulfure de carbone est manié par grandes masses.

(*) On doit à M. le Dr Delpech une excellente monographie de cette maladie nouvelle, *Recherches sur l'intoxication spéciale que détermine le sulfure de carbone.* 1863.

Les opérations qui exposent les ouvriers à l'action des vapeurs sont principalement celles qui se rattachent à l'industrie du caoutchouc. Le procédé Parkes, ou procédé de vulcanisation à froid, consistant à dissoudre le caoutchouc dans un mélange de sulfure de carbone et de chlorure de soufre, est généralement adopté pour la fabrication du caoutchouc soufflé, et en quelques cas pour celle des vêtements dits imperméables. Chez MM. Aubert et Gérard, à Paris, ou l'on trouve encore ce dernier travail, l'atelier est bien soigné au point de vue de l'aérage et les vases contenant la solution sont pourvus de fermetures hydrauliques; mais la disposition la plus efficace a consisté à ménager dans le plancher, situé au premier étage, des vides nombreux représentant environ le huitième du plein. La vapeur très-lourde de sulfure de carbone tombe naturellement à travers cette claire-voie, et la respiration des ouvriers s'accomplit au-dessus de la zone délétère. Ces industriels ont également fabriqué les fils circulaires de caoutchouc à l'aide du même dissolvant : la pâte était ensuite comprimée et forcée de passer à travers les trous d'une filière. Les précautions prises consistaient à renfermer l'appareil de compression dans une boîte communiquant à un ventilateur, et à faire mouvoir les toiles sans fin qui recevaient les fils, dans une sorte de galerie close pareillement ventilée.

Les autres grandes maisons de Paris ont fait les plus louables efforts pour se dispenser d'avoir recours au sulfure de carbone. La plupart des objets industriels y sont aujourd'hui fabriqués mécaniquement, sans le secours de dissolvants, par le procédé dit *à l'américaine*. La vulcanisation s'obtient en triturant à chaud le caoutchouc avec du soufre en poudre, de la craie, du noir de fumée, etc., et en l'appliquant sur des étoffes par le jeu de laminoirs puissants.

On prépare aussi, par voie de dissolution, des imperméables non vulcanisés; mais le dissolvant est la benzine, qui n'offre pas les mêmes inconvénients que le sulfure de

carbone. Dans la belle usine de MM. Guibal et Cie, à Ivry, que dirige avec tant de distinction M. l'ingénieur des mines Cumenge, il existe une disposition spéciale pour mettre les ouvriers à l'abri des vapeurs de benzine. Chaque table d'application est surmontée d'une sorte de toiture creuse dans l'intérieur de laquelle circule un courant d'eau froide. Les vapeurs se condensent contre la face inférieure et se rendent dans une petite gouttière à l'extrémité de laquelle on les recueille.

Le travail du caoutchouc soufflé (ballons d'enfants et autres objets) occupe un grand nombre de bras, mais il est exercé exclusivement par des ouvriers en chambre ou dans de très-petites fabriques; aussi n'a-t-il donné lieu malgré son extrême insalubrité qu'à fort peu de tentatives d'assainissement. C'est au point que, selon le docteur Delpech, les ouvriers de cette industrie « sont devenus plus ou moins malades ou infirmes. » Habituellement les vases renfermant la dissolution sont découverts et placés sous la main des trempeurs. Aucun procédé d'aération n'est mis en œuvre pour éloigner les vapeurs. On peut juger de tous ces petits établissements par celui de MM. Augé et Brissonnet, à Grenelle, qui est un des plus considérables. Ces fabricants ont soin seulement de n'occuper le même homme au sulfure que deux ou trois fois par jour, et une heure chaque fois. Cette faible durée suffit néanmoins pour entraîner des accidents.

Un ouvrier intelligent de Belleville, le sieur Descamps, qui avait eu beaucoup à souffrir de son industrie, qu'il pratiquait en chambre avec deux ou trois camarades, avait installé un appareil protecteur, consistant en une cage vitrée enveloppant la table de travail. La cloison du côté des ouvriers était pourvue d'orifices pour le passage des mains. Celles-ci étaient garnies de manchons amples, souples et imperméables, terminés par des bracelets de caoutchouc serrés aux poignets. La disposition était fort efficace et les

ouvriers ne ressentaient aucune atteinte de sulfure. Ce petit atelier est fermé depuis deux ans, et nous ne croyons pas que l'appareil ait été imité ailleurs (*).

Le danger d'incendie se rencontre dans des industries d'une autre nature, telles que la fabrication en grand du sulfure de carbone, son application à l'extraction des corps gras, etc. La maison de M. Deiss, à Marseille, où l'on extrait l'huile des graines, donne une bonne idée des précautions à prendre en pareil cas. Le réservoir à sulfure est une citerne souterraine en maçonnerie cimentée dans laquelle le sulfure est conservé sous une épaisseur d'eau de 2 mètres. On l'en retire à l'aide d'une pompe plongeant à fond qui le distribue à quatre cylindres extracteurs parfaitement clos, de 5 mètres de haut sur 2m,50 de diamètre, contenant les graines oléagineuses. Les vapeurs de sulfure de carbone et d'hydrogène sulfuré qui se dégagent pendant l'opération s'échappent par un tuyau terminé en serpentin où le sulfure se condense, tandis que l'hydrogène sulfuré sort par un petit tube au-dessus du toit. Le mélange d'huile et de sulfure obtenu dans les cylindres est envoyé à l'appareil distillatoire, d'où le sulfure vaporisé retourne au réservoir en traversant également un serpentin condensateur. Ainsi, le réservoir, les cylindres et l'alambic forment les trois parties d'un même tout entre lesquelles les produits s'échangent selon les phases de l'opération sans jamais communiquer avec l'air extérieur.

Chlorure de chaux, blanchiment au chlore. — Les chambres à fabriquer le chlorure de chaux sont de deux sortes : dans les unes, l'ouvrier pénètre ; dans les autres, le chargement et le déchargement sont opérés du dehors avec

(*) Telle est l'imprévoyance des ouvriers qu'ils tournaient en dérision l'appareil du sieur Descamps et lui avaient donné le nom de *lanterne magique*.

des instruments convenables. Le danger existe surtout dans les premières; il est essentiel que le chlore libre en soit parfaitement expulsé avant que les ouvriers y soient admis.

Le moyen simple consiste à ouvrir largement les portes longtemps d'avance; mais d'abord, ce procédé n'est pas sans inconvénient pour l'atelier; en outre, il a pour résultat de retarder les opérations. Il est bien préférable d'exercer une ventilation artificielle. Chez M. Charles Kestner, à Thann, les chambres communiquent par un tuyau de plomb à la cheminée. Une heure ou deux avant l'entrée des ouvriers, on ouvre le tuyau en même temps qu'on entr'ouvre les portes; l'aspiration s'établit, et le gaz est emporté à la cheminée. A la fabrique de Salyndres (Gard), le directeur, M. Usiglio, a établi une disposition fort ingénieuse. Quand on veut vider une grande chambre, on commence par la mettre en communication avec une chambre plus petite, contenant de la chaux neuve, en ayant soin de maintenir entr'ouverts deux orifices situés à l'extrémité opposée, afin de produire un léger tirage. La petite chambre elle-même communique avec un grand tuyau en maçonnerie, dans lequel se rend le chlore qui a échappé à la condensation. Il y rencontre un courant, en sens contraire, d'hydrogène sulfuré, économiquement engendré par la réaction de l'acide chlorhydrique faible sur des marcs de soude contenus dans une cuve fermée. Les deux gaz en présence fournissent de l'acide chlorhydrique, qui revient se condenser à la cuve, et du soufre en poudre qu'on retire de temps en temps du tuyau.

Signalons, avant de quitter ce sujet, une bonne précaution prise par l'usine de Thann pour le brassage et l'embarrillage du chlorure retiré des chambres. Habituellement ces manipulations s'effectuent à découvert, en sorte que les ouvriers sont exposés à aspirer du chlore ou de la poussière malsaine. Chez M. Kestner, le chlorure est

chargé, dans la chambre même, dans des baquets à bras d'un type uniforme qu'on emporte immédiatement à un mélangeur mécanique. L'appareil est bien clos, sauf deux orifices, l'un pour l'introduction et exactement recouvert par le baquet, dont le fond mobile est enlevé aussitôt après la mise en place; l'autre pour la vidange, par lequel le chlorure, convenablement brassé, tombe dans les barils. Les baquets étant renouvelés avant que la charge de chacun d'eux soit épuisée, l'orifice du mélangeur n'est jamais à découvert.

Le blanchiment au chlore gazeux est pratiqué dans quelques papeteries pour les pâtes provenant des chiffons les plus grossiers. On se borne ordinairement à rendre les caisses hermétiques, et à ne les ouvrir que très-tard. Chez M. Paul Breton, au pont de Claix, près Grenoble, les caisses à blanchir sont de véritables armoires verticales, dont le battant antérieur s'enlève à volonté. Tout est bien luté pendant le passage du chlore; un jour ou deux après l'arrêt, on délute en commençant par la partie supérieure, afin que le gaz s'échappe au-dessus de la tête des ouvriers. Quelques heures après, on peut retirer les produits.

Tabacs. — La préparation des tabacs donne lieu à diverses opérations insalubres, dont les principales ont été assainies d'une manière remarquable dans ces dernières années.

La torréfaction du tabac haché ou tabac à fumer est accompagnée d'un dégagement abondant de vapeurs ammoniacales et nicotineuses. Il y a quelques années ce travail s'accomplissait exclusivement sur des plaques de tôle chauffées; les ouvriers à moitié nus, debout sur le bord de ces plaques, agitaient incessamment la matière et en aspiraient toutes les émanations. Cette méthode vicieuse est encore en vigueur dans quelques manufactures; mais à Paris, Lille, Strasbourg, Toulouse, etc., on y a substitué les

nouveaux torréfacteurs mécaniques (Pl. XII, *fig.* 4) du système Rolland (*), qui suppriment tous les inconvénients observés, et qui ne tarderont pas à être en usage dans toutes les manufactures de France. Nous ne décrirons pas tous les détails de cet appareil ingénieux, qui avait à satisfaire à une foule de conditions étrangères à la salubrité, telles que l'uniformité de température, le brassage sans brisures des filaments de tabacs, la continuité de la marche, etc. Nous devons nous borner à en donner une idée générale concernant notre objet. C'est un cylindre rotatif chauffé extérieurement par le rayonnement du foyer, et en outre traversé intérieurement par un courant d'air chaud. La matière entre et sort aux extrémités au moyen de trémies à soupapes, qui restent fermées hors du temps du passage. La circulation du tabac est déterminée par la rotation même du cylindre, grâce aux nervures hélicoïdales très-allongées dont sa surface intérieure est armée. L'air chaud, qui parcourt vivement le cylindre dans sa longueur, s'échappe dans la cheminée en emportant toutes les vapeurs et les poussières engendrées par la torréfaction.

Le séchage du tabac torréfié, qui engendrait des inconvénients analogues, quoique moins intenses, s'effectue maintenant dans des cylindres rotatifs, dus au même inventeur. L'air et les poussières sont aspirés par un ventilateur mécanique qui les envoie dans une cheminée en leur faisant traverser une chambre spacieuse où les poussières se déposent. Le râpage du tabac à priser, ainsi que les opérations qui s'y ratachent, ont lieu dans des appareils parfaitement clos, qui préservent convenablement les ateliers.

Quelques autres travaux de la même industrie, présentant une certaine incommodité, n'ont pas été l'objet de procédés spéciaux. De ce nombre sont : l'*époulardage* ou ou-

---

(*) M. Rolland est aujourd'hui Directeur général de l'administration des Manufactures de l'État.

verture des balles et boucauts de tabacs; la démolition des *masses* ou tas de première fermentation; la vidange des *cases* ou tas de deuxième fermentation. La première de ces opérations engendre des poussières et les deux autres peuvent faire naître le danger d'asphyxie. On se borne à relever les ouvriers très-fréquemment; ainsi dans les cases, ils séjournent environ une demi-heure à tour de rôle.

En ce qui concerne la salubrité générale des ateliers, de grands travaux ont été faits à ce point de vue depuis quelques années par l'administration des tabacs. Nous aurons occasion d'y revenir en parlant de la ventilation.

Plomb et cuivre. — Les industries qui traitent ces deux métaux sont plus ou moins insalubres pour les ouvriers, particulièrement celles où l'on fond le plomb dans des appareils incomplétement clos ou peu ventilés. C'est ce qui a lieu, par exemple, dans les usines où l'on coule le métal, dans celles où l'on traite le minerai au four à manche, dans les ateliers de coupellation, etc.

Quand on fond le plomb dans des chaudières, la précaution usuelle consiste à les surmonter de hottes à peu près hermétiques, qu'on ouvre seulement pour les convenances du travail. Toute la difficulté de cette disposition fort simple réside dans le tirage, qui a besoin d'être extrêmement énergique, à cause de la densité des vapeurs. Dans des établissements d'ailleurs très-bien tenus, comme à la fabrique de céruse de M. Lefebvre, on se contente le plus souvent de faire déboucher la hotte à la cheminée du foyer, ce qui est tout à fait insuffisant. La disposition prise par M. Lepan, dans son importante fonderie de Lille, est bien préférable. Les hottes, munies chacune d'un registre qui permet de fermer celles dont les chaudières ne marchent pas, communiquent à un carnau commun qui débouche sous le cendrier des chaudières en activité. L'aspiration

des vapeurs plombeuses est nécessairement fort active.

A l'usine de MM. Æschger, Mesdach et Cie, à Biache-Saint-Vaast (Pas-de-Calais), le four de coupellation dégageait, comme toujours, d'abondantes vapeurs plombeuses qui affluaient à l'orifice par lequel on charge et l'on surveille la coupelle. On avait essayé d'y remédier au moyen d'une hotte; mais loin d'enlever les vapeurs, elle les rabattait souvent; en outre l'ouvrier était obligé d'engager sa tête sous la hotte, ce qui le plaçait dans les pires conditions. On y a obvié complétement et par un moyen bien simple : deux carnaux d'échappement ménagés dans la maçonnerie, à droite et à gauche de l'orifice de travail, se réunissent à un conduit commun qui débouche *obliquement*, sous un angle de 35 à 40 degrés, dans le carnau des flammes du foyer. Celles-ci déterminent dans le conduit une aspiration énergique, qui prévient la sortie des fumées.

Les fourneaux à manche ont été l'objet d'améliorations analogues. Les petites cheminées avec porte de chargement dont on les surmonte d'ordinaire (Pl. XI, *fig*. 5 à 8), tirent médiocrement et ne préservent pas assez l'ouvrier des vapeurs qui s'échappent du gueulard. On y a substitué une galerie voûtée, horizontale, qui recouvre les têtes de tous ces fours, et qui communique à un système aspiratoire d'une grande puissance, formé par le carnau général des flammes de l'usine (*).

Le fondage du cuivre et de ses alliages offre aussi des inconvénients, quand, par exemple, les fours à creuset n'ont pas un tirage suffisant pour produire une aspiration au moment où on les découvre. Dans quelques établissements on trouve des fours qui ne laissent rien à désirer sous ce rapport. Nous citerons notamment ceux de M. Maurel, à Marseille, combinés avec grand soin et desservis par

(*) Ce système aspiratoire a été institué en vue de protéger le voisinage. Nous y reviendrons au chapitre suivant.

la cheminée de l'appareil à vapeur, haute de plus de 30 mètres. Les gaz sont entraînés avec une telle énergie, que l'ouvrier penché au-dessus de l'orifice ne ressent pas même de chaleur.

Coutellerie, taillanderie, aiguilles, épingles, etc. — Le repassage des lames, outils, etc., ainsi que l'empointage ou aiguisage des aiguilles et épingles, exposent les ouvriers qui s'y adonnent à diverses sortes d'affections. Quand les opérations ont lieu à sec, les poussières de grès et d'acier attaquent gravement les organes respiratoires. Divers moyens sont mis en œuvre pour y obvier. Dans plusieurs taillandederies de la Franche-Comté, notamment chez MM. Peugeot frères, à Valentigney, près Montbéliard, on a installé des ventilateurs du genre de ceux que nous avons déjà observés en Angleterre et en Prusse. D'autres fabricants, par exemple M. Japy, se servent de meules artificielles en émeri et gomme laque, qui donnent moins de poussière, mais offrent d'autres inconvénients, tels que d'éclater fréquemment. Dans les ateliers de la marine, à Brest, le repassage des scies se fait au moyen de petites meules artificielles mobiles que l'ouvrier promène sur chaque dent pour lui donner l'inclinaison voulue. La meule est entourée d'une enveloppe en fer-blanc, qui supporte à la partie inférieure une plaque en verre dont la destination est à la fois d'éloigner les poussières et d'adoucir l'éclat des étincelles. A l'Aigle (Eure), l'empointage des aiguilles a lieu exclusivement sur des meules artificielles. MM. Anfrie et C[ie] protégent leurs hommes contre les explosions au moyen d'une plaque en fonte nommée *garantie*, placée entre l'ouvrier et la meule, et qui intercepte ainsi une partie des poussières. Dans plusieurs fabriques d'épingles des environs de Rugles (Eure), l'ouvrier est protégé par une lame de verre. Cette disposition est loin de valoir le nouveau système de fabrication à la mécanique, qui commence à s'introduire dans

l'industrie parisienne et qui réalise un assainissement tout à fait satisfaisant. On en peut voir un excellent spécimen chez M. A. Romeu, à Paris, qui a substitué aux anciens appareils dix machines américaines. Ces ingénieux outils accomplissent toutes les opérations : ils prennent le fil de laiton enroulé sur la bobine et le rendent sous forme d'épingles parfaitement terminées. L'empointage s'opère entre des tambours dans une caisse bien close.

Dans la coutellerie française, le repassage se fait exclusivement à la voie humide. Tantôt la meule est continuellement humectée par un filet d'eau, tantôt elle appuie par sa partie postérieure contre un tampon mouillé ou elle plonge dans un baquet. Dès lors les poussières sont à peu près supprimées. Par contre l'ouvrier est exposé aux maladies qu'engendre le contact permanent de l'eau (*). Aucun procédé spécial n'est en usage pour les prévenir. Les poussières se produisent encore, mais à de rares intervalles, quand on procède au retaillage des meules. Cette opération qui, d'ordinaire, passe presque inaperçue, prend une certaine importance dans les ateliers où il faut conserver exactement aux meules un certain profil, comme dans les manufactures d'armes. Le *riflage*, qui consiste à rafraîchir les cannelures, se pratique habituellement chaque jour et sur toutes les meules à la fois. Il se produit alors pendant environ une demi-heure une poussière très-abondante qu'on ne peut respirer impunément. A Châtellerault, les meules sont en partie renfermées dans des enveloppes de bois qui communiquent avec un conduit souterrain à l'extrémité duquel

(*) Les ouvriers français ont une répugnance bien prononcée pour le repassage à sec, quoique le travail soit plus rapide et qu'ils soient payés à la pièce. M. Mermillot, à Châtellerault, avait fait monter une meule anglaise avec ventilateur, mais les hommes ont refusé de s'en servir. MM. Anfrie à l'Aigle ont dû, pour le même motif, renoncer à une installation semblable pour l'aiguisage des aiguilles.

agit un ventilateur puissant. Celui-ci, mis en mouvement pendant la durée du riflage, aspire toutes les poussières et les rejette sur la Vienne.

Mais il existe, indépendamment du mode d'aiguisage, une cause grave de maladie pour les ouvriers : nous voulons parler de l'habitude prise dans les principaux centres de coutellerie de faire le repassage en se tenant couché sur la poitrine, de façon que le corps appuie de tout son poids sur la meule placée au-dessous. Il y a tel aiguisage de lames pendant lequel on voit par moment le corps de l'ouvrier se soulever en entier et porter exclusivement sur la pointe des pieds et sur l'outil pressé contre la meule. Il paraît certain que de cette façon le travail marche plus rapidement et que l'ouvrier gagne davantage, mais il achète durement ce surcroît de salaire par l'aplatissement de la poitrine qui en est presque toujours la suite. Cette fâcheuse pratique est en vigueur chez les 16 ou 1.700 émouleurs de Thiers, à Langres, à Nogent, etc. — Les fabriques de Châtellerault ont eu le bon esprit d'y renoncer, et la maison Charrière revendique la louable initiative d'avoir réformé ce travail à Paris.

Nettoyage des chiffons. — Cette opération, pratiquée en grand dans les papeteries, donne lieu à un fort dégagement d'impuretés qui, à la longue, agissent sur les ouvrières. On a imaginé divers procédés pour améliorer cet état de choses. Ainsi, la machine connue sous le nom de *loup* ou *diable*, accolée à un blutoir mécanique, a pour objet de les dégager dans des locaux séparés. Nous n'insisterons pas sur ce progrès, de date déjà ancienne, et qui d'ailleurs a besoin d'être complété par des dispositions additionnelles. Chez MM. Lacroix, à Saint-Cybard, près Angoulême, l'appareil est contenu dans une chambre bien close, et pour que les ouvriers soient dispensés d'y mettre les pieds, les chiffons nettoyés sont ramenés au dehors au moyen d'une toile sans

fin. Cette dernière précaution a rendu moins utile le ventilateur qu'on y avait d'abord installé, et auquel on a fini par renoncer.

M. Paul Breton, au Pont-de-Claix (Isère), s'est préoccupé d'assainir dans sa papeterie toutes les manipulations qui s'exercent sur les chiffons depuis leur mise en tas jusqu'au lessivage. Le démontage des tas donne lieu à plusieurs inconvénients : la poussière, les émanations malsaines, les insectes, etc. Afin de les prévenir, M. Breton a soin de faire arroser les tas, au fur et à mesure de leur formation, par une solution de chlorure de chaux à raison d'un demi-litre environ par mètre quarré de surface pour une épaisseur de 30 centimètres. Il n'en résulte aucune humidité dans la masse, et la salubrité y gagne beaucoup. Les chiffons sont ensuite passés dans une sorte de machine à vanner munie d'un ventilateur. Les poussières sont envoyées dans une galerie de 5 à 6 mètres de long, où elles se déposent en grande partie. L'orifice de sortie, sur le canal de fuite, est muni transversalement d'un tuyau percé de trous qui fournit une sorte de rideau de pluie sous lequel le reste de la poussière est abattu. De là les chiffons vont au triage et au *loup*, comme dans les autres papeteries (*). Indépendamment de ce nettoyage préliminaire, les chiffons particulièrement sales et grossiers, ceux d'Afrique, par exemple, subissent un lessivage sommaire. On les fait bouillir avec de la chaux mélangée d'un peu de soude, la soude agissant ici comme intermédiaire pour faciliter la formation des savons calcaires et se régénérant indéfiniment ; puis on les rince dans une roue, pendant une durée de 30 à 60 minutes, on les fait sécher et on les envoie au triage. Grâce à l'ensemble de ces dispositions, l'insalubrité

(*) Lors de notre visite, on installait un ventilateur pour desservir le loup.

afférente au maniement des chiffons a presque entièrement disparu des ateliers de M. Breton.

Sécrétage des peaux, arçonnage. — Les procédés perfectionnés que nous avons eu occasion d'observer en Prusse se répandent également dans les grandes maisons françaises. On en peut voir de bonnes applications chez divers fabricants de Paris, notamment dans l'importante chapellerie de MM. Laville, Petit et Crespin. Nous ne reviendrons pas sur cette description. Nous nous bornerons à relever, dans la fabrique de madame veuve Vallagnosc, à Marseille, un détail intéressant que nous n'avions pas eu occasion de remarquer ailleurs, et qui est relatif au décatissage des peaux sécrétées et séchées. Cette opération, qui précède le coupage à la machine, se fait généralement à la main, au moyen d'une brosse tenue par l'ouvrier. Il se produit des poussières mercurielles en proportion assez notable. Chez madame Vallagnosc on emploie une machine dite *brosseuse*, consistant en un cylindre brosseur analogue à celui des nouvelles *balayeuses* qu'on vient d'introduire à Paris. L'appareil est contenu dans une enveloppe. Les poussières sont aspirées par un ventilateur et envoyées dans un compartiment situé à l'arrière. Cette maison fait d'ailleurs usage des machines à éjarrer et à arçonner.

Préparation des boyaux, soufflage. — Ces opérations sont incommodes et même malsaines. Pour prévenir les plaintes du voisinage, on a soin le plus souvent de maintenir fermées les portes et fenêtres des ateliers, en sorte que les ouvriers vivent dans une atmosphère des plus nauséabondes. En outre le soufflage fatigue la poitrine et occasionne parfois des ulcères par suite du contact des lèvres avec des matières impures.

Indépendamment de tout procédé spécial, les inconvénients sont beaucoup diminués par la propreté générale de

l'usine et par l'emploi d'une grande quantité d'eau. Sous ce rapport on peut citer la fabrique de cordes harmoniques de M. Savaresse, à Grenelle, comme un véritable modèle. Les opérations s'exécutent dans des grésalles ou terrines en grès, dont les parois lisses ne retiennent aucun débris organique. Une machine à vapeur fournit une eau abondante qui permet de vider les terrines plusieurs fois par jour et de laver continuellement les tables de travail. Les parquets bitumés et en pente assurent le prompt écoulement de tous les résidus. Mais ces moyens, quelque précieux qu'ils soient, sont loin de suffire dans les établissements où l'on prépare les boyaux de bœuf pour la charcuterie et autres usages analogues. Le nettoyage et le soufflage nécessitent le concours de procédés spéciaux.

Le nettoyage ou séparation de la membrane péritonéale, dont une partie seulement a été enlevée par le dégraissage à l'abattoir, s'exécute ordinairement à la suite d'une fermentation putride qui constitue un des détails les plus repoussants de cette industrie. Cette macération, dont la durée varie de huit jours à un mois selon la saison, a pour objet de décomposer en partie la muqueuse et de la rendre moins adhérente, afin que les ouvriers puissent la détacher sans risquer de nuire à la qualité des boyaux. Quelques industriels commencent à adopter le procédé Labarraque, consistant à immerger les intestins dans une solution de chlorure de soude, ce qui dispense de toute fermentation putride. La fabrique de MM. Monnier et Dutripon, à Eysines (Gironde), remarquable d'ailleurs par l'ordre et la propreté qui y règnent, marche dans ces conditions depuis trois ans. Aujourd'hui quelques heures suffisent pour permettre d'effectuer le ratissage des boyaux (*). M. Fabre, à Gre-

(*) Le conseil d'hygiène publique de la Gironde est tellement convaincu de la supériorité de ce procédé, qu'il le rend mainte-

nelle, dont la boyauderie n'a pas été autorisée à cause du voisinage, a marché pendant quelque temps, d'une manière très-satisfaisante, sans fermentation ni emploi de chlorures alcalins. Il immergeait les boyaux de bœuf dans des cuves d'eau tiède à la température de 35 degrés environ. Au bout d'une heure et demie ou deux heures, les femmes les retournaient et détachaient les membranes (*). Mais ce procédé ne saurait s'appliquer aux boyaux de mouton, dont le diamètre est trop petit pour qu'on puisse les retourner sans dommage.

Chez MM. Monnier et Dutripon, le soufflage a également été l'objet d'un grand perfectionnement. Il se pratique maintenant, non plus à l'aide du morceau de roseau que l'ouvrier introduisait dans la base de l'intestin pour y insuffler l'air avec sa bouche, mais au moyen de gros soufflets mus avec le pied à l'instar des meules de rémouleurs. Un mode semblable a été mis en usage par M. Boyer, à Saint-Étienne du Rouvray (Seine-Inférieure). M. Brimbœuf, à Issy, se disposait, quand nous l'avons vu, à introduire plusieurs améliorations dans l'importante boyauderie qu'il possède au bord de la Seine. Le soufflage devait s'exécuter à la mécanique au moyen de chalumeaux desservis par un ventilateur, et

---

nant obligatoire. Ainsi un arrêté du 17 juin 1864, relatif à la boyauderie de madame veuve Chrétien, porte la clause suivante :

« Art. 10. — Lorsque les boyaux auront été dégraissés et retour-« nés, on emploiera du chlorure de soude à 12 ou 13 degrés à dose « de 1.500 grammes dans deux ou trois seaux d'eau pour un ton-« neau renfermant les intestins grêles de 50 bœufs. »

(*) M. Fabre prétend que la fermentation putride des boyaux de bœuf n'a d'autre but que d'économiser un peu de main-d'œuvre en rendant le grattage plus expéditif. C'est une erreur, selon lui, de croire que le boyau fermenté est plus fin : loin de là, il est quelquefois altéré et conserve presque toujours de mauvaises odeurs. Ce qu'on peut alléguer en sa faveur, c'est qu'il est moins épais, mais la différence est insignifiante et n'a d'ailleurs aucun intérêt. M. Fabre ne peut comprendre la fermentation que pour les boyaux de mouton.

l'atelier devait être aéré artificiellement de manière à rejeter les vapeurs au-dessus des toits (*).

Fermentation de la bière. — On laisse ordinairement fermenter la bière dans des locaux bas et peu aérés. L'acide carbonique qui se dégage forme au-dessus du sol une couche plus ou moins épaisse dans laquelle peut se trouver plongé l'ouvrier qui vient inspecter les bassins. Il est vrai de dire que les locaux ne sont pas tout à fait fermés ; mais cette précaution est de peu d'effet à cause de la pesanteur spécifique de l'acide carbonique. D'un autre côté, il n'est point aisé d'employer la ventilation artificielle, car si l'air du dehors arrive directement sur la bière, il trouble la réaction. M. Struch, de Lutterbach, près Mulhouse, qui se préoccupe beaucoup de l'hygiène de ses ouvriers, a résolu le problème de la manière suivante :

Il y a deux fermentations : celle d'hiver et celle d'été. La fermentation d'hiver s'accomplit dans deux grandes salles au rez-de-chaussée, ayant chacune 24 mètres de long, 12 de large et 4 de haut. M. Struch ménage, pour l'entrée de l'air, deux ouvertures au niveau du plancher, à l'extrémité de la salle, et pour la sortie, à l'autre extrémité, un tuyau en tôle de 25 centimètres logé dans le plafond et plongeant jusqu'à un mètre au-dessus du plancher. Ce tuyau communique à un ventilateur qu'on fait agir une heure avant l'entrée de l'ouvrier. La couche d'acide carbonique est ainsi aspirée sans que l'air arrive sur la bière ; car la surface des liquides dans les cuves est à la hauteur de $2^{m},25$. Un détail bon à noter, c'est que la paroi des cuves est percée de petits trous immédiatement au-dessus du niveau de la bière, afin de permettre au gaz de *couler* sur le plancher et d'éviter ainsi une accumulation dangereuse pour l'ouvrier qui vient pen-

(*) Nous apprenons de M. Brimbœuf que ces améliorations sont aujourd'hui réalisées.

cher sa tête sur le liquide. La fermentation d'été s'opère dans des caves où, à l'aide de vastes dépôts de glace, on maintient une température de 1 à 2 degrés. Des dispositions analogues vont être prises pour les ventiler, et afin que la réaction ne soit pas troublée par l'arrivée de l'air chaud, M. Struch établira sa prise sur les glacières elles-mêmes.

Signalons à cette occasion l'excellente disposition des chaudières d'ébullition de M. Ehrard, à Schiltigheim, près Strasbourg. Elles sont entourées d'une margelle, pour prévenir les accidents si fréquents dans les brasseries. Elles sont surmontées d'un dôme en maçonnerie, au centre du quel s'élève une cheminée d'appel : l'air afflue du dehors par des orifices situés tout autour de la cuve, au niveau du plancher, et la température des vapeurs détermine une aspiration qui préserve complétement le couloir dans lequel circulent les ouvriers qui soignent la cuite.

Moulage du bronze.—La substitution de la fécule au poussier de charbon s'est généralisée dans l'industrie parisienne. Les grandes maisons, celles de MM. Christofle, Thiébaut, Barbedienne, etc., ont définitivement renoncé à l'ancien procédé, qui ne paraît s'être conservé que chez quelques fabricants de second ordre. Les fondeurs en bronze de la province n'ont pas suivi cet exemple. Les patrons donnent pour raison que les inconvénients du poussier de charbon sont beaucoup moindres chez eux qu'à Paris, parce que les locaux sont plus hauts de plafond et plus aérés, les ouvriers moins serrés les uns contre les autres, le travail aux pièces fines moins continu et habituellement alterné avec celui des grosses pièces qui n'a pas la même insalubrité. Chez certains même on trouve une répugnance marquée à employer la fécule, qu'ils accusent de nuire à la beauté des produits. M. Maurel, principal fondeur de Marseille, prétend que la fécule forme autour de la pièce une sorte de pellicule imperméable qui empêche les bulles d'air

de s'échapper, en sorte que la surface se trouve légèrement grenue. Ce fabricant emploie tantôt la poussière de charbon, tantôt un mélange de farine et de cendre. A Paris comme en province, les fondeurs en métaux autres que le bronze, notamment les mouleurs en fonte de fer, ont conservé le poussier de charbon pour tous les genres de pièces. Nous n'avons observé nulle part l'usage des tamis fermés, recommandés à juste raison par M. Lechâtelier.

Sciage des bois. — Ce travail donne lieu à des poussières incommodes; en outre, dans les chantiers où l'on découpe les bois avec précision, l'ouvrier chargé d'éclairer le trait de scie en soufflant sur la pièce est affecté à la longue par ce genre d'occupation. Les ateliers de la marine, à Brest, offrent la plus belle disposition qui se puisse imaginer pour rendre cette industrie absolument inoffensive. Sans parler des dimensions de la salle, qui participe au caractère de grandeur des autres parties de l'édifice, nous avons à signaler les agencements techniques qu'on doit souhaiter de voir imiter dans tous les chantiers de construction.

Toutes les transmissions de mouvement sont logées dans le sous-sol, de façon que rien ne gêne la circulation des ouvriers dans l'atelier. Les scies se meuvent verticalement à travers des trappes ménagées dans le plancher; les pièces, posées sur des chariots, s'en approchent graduellement: les poussières tombent dans le sous-sol et sont reçues dans des wagons qui les portent immédiatement aux foyers des chaudières, où elles économisent annuellement 50.000 francs de combustible. Les scies circulaires qui, par leur rotation rapide, dégagent beaucoup plus de poussières, sont renfermées dans des guérites ouvertes à l'avant. On y fait pénétrer les pièces de bois enveloppées à l'arrière par une boîte, en sorte que la sciure ne peut s'échapper au dehors. Enfin, un chalumeau mécanique placé auprès de chaque scie remplace avantageusement le tuyau dans lequel l'ouvrier était obligé

de souffler pour nettoyer la surface de la pièce. Grâce à cette excellente installation, l'atelier du sciage est devenu aujourd'hui un des plus salubres, et l'on y compte moins de malades que parmi les charpentiers ou les simples journaliers.

Préparation des cuirs. — L'insalubrité de ce travail est une question encore controversée. D'après MM. Pécholier et Saint-Pierre, professeurs agrégés à la Faculté de médecine de Montpellier, les opérations de la tannerie seraient même, dans leur ensemble, plutôt favorables que nuisibles à la santé des ouvriers (*). Il n'en reste pas moins quelques détails fort incommodes, sinon malsains, tels que l'ébourrage, l'écharnage et une opération positivement insalubre, de l'avis de ces hygiénistes eux-mêmes, celle du broyage du tan, quand elle n'est pas effectuée avec tous les soins convenables.

L'ébourrage ou épilage qui s'exerce sur les peaux une fois chaulées met les ouvriers en contact prolongé avec la chaux ; leurs mains se gercent profondément, et il en résulte même parfois de véritables ulcères que le voisinage de matières putréfiées peut rendre dangereuses. Ce travail est assaini au moyen du *tonneau purgeur*, dont l'emploi

---

(*) Voir l'*Étude sur l'hygiène des ouvriers peaussiers du département de l'Hérault*, 1864. Nous en reproduisons les principales conclusions, déduites de l'observation d'un grand nombre de faits :

« Une forte constitution, une grande vigueur, un tempérament « sanguin ou bilioso-sanguin, une complexion robuste, une taille « droite, des traits mâles, un teint frais, de larges épaules, un em- « bonpoint modéré, une longévité remarquable, tel est le type « ordinaire des ouvriers tanneurs de notre département.

« Les relevés statistiques faits par nous à Aniane nous ont dé- « montré que sur 90 adultes morts du choléra 11 seulement étaient « tanneurs ; tandis que le chiffre total des tanneurs est à celui des « adultes dans le rapport de un à quatre. Les chances de mort pen- « dant cette épidémie ont donc été moitié moindres que pour les « autres habitants. »

commence à se répandre dans les grandes tanneries, par exemple chez M. Pelletreau, à Château-Renaud (Indre-et-Loire), chez M. Leroux, à Rennes, etc. Les peaux sont agitées et lavées dans cet appareil pendant une heure et demie et abandonnent toute leur chaux ainsi qu'une partie des poils. L'écharnage se pratique le plus souvent sur des billots en bois qui retiennent les débris organiques et exhalent perpétuellement une odeur de fermentation. Une disposition simple consiste à les recouvrir de feuilles de zinc.

M. Leroux a soigné tout particulièrement le broyage du tan, qu'il pratique sur une grande échelle (environ 2.500 tonnes par an) pour la consommation de plusieurs de ses confrères. Il se sert de moulins à noix parfaitement clos. Immédiatement au-dessous de la cloche est un orifice d'aspiration par lequel un ventilateur lance les poussières fines dans une caisse de dépôt, du système Perrigault. Cette caisse de 4^{m},50 de long, 1^{m},20 de large et 1^{m},10 de haut, est divisée par des tablettes en dix compartiments que l'air parcourt successivement, en déposant les poussières sur chacune d'elles, et de là s'échappe sur le toit à peu près purifié (1). M. Leroux utilise ces poussières, qu'il reconnaît, à poids égal, plus actives que le tan ordinaire.

(*) Les appareils de M. Perrigault, appliqués depuis peu à diverses industries, notamment à des meuneries, ont pour objet la précipitation des poussières dans un espace relativement très-circonscrit. Voici comment l'auteur rend compte, dans une brochure en date de 1863, des motifs qui l'ont conduit aux dispositions actuelles : « Me trouvant dans une chambre ou pénétrait un rayon de soleil et « où l'air était tranquille, je vis des atomes nombreux flottant dans « l'atmosphère.... Une table était devant moi ; la pensée me vint « d'étudier quelle marche suivraient ceux de ces corpuscules qui « se trouvaient dans le voisinage de sa surface.... Arrivés à 1 ou 2 « millimètres seulement, je les vis se précipiter sur la surface de « la table, obéissant évidemment à une loi d'attraction dont les effets n'ont jamais été signalés.

« Je reconnus alors pourquoi tous les rayons d'une bibliothèque,

Lin, chanvre et coton. — Le travail de ces matières est accompagné, selon les cas, de poussières, de mauvaises odeurs et d'humidité, contre lesquelles on cherche à se prémunir par des moyens variés, sans parler de la ventilation générale des ateliers dont nous nous occuperons dans un autre paragraphe.

Les manufactures de lin et de chanvre sont en général dans de mauvaises conditions hygiéniques. Celles de France surtout se distinguent par l'étroitesse et le manque d'air des locaux en même temps que par l'absence de machines perfectionnées au point de vue de l'assainissement. Les opérations qui produisent le plus de poussières, teillage, peignage, cardage s'effectuent le plus souvent sans aucune précaution spéciale. Les cardes à ventilateurs, notamment, sont presque inconnues en France. Nous n'en avons rencontré, et encore en petit nombre, que dans la filature de lin Maberly des environs d'Amiens. M. Barry, au Mans, a essayé d'y suppléer au moyen d'un aspirateur collectif, placé au-dessus des machines à carder ; mais ce procédé est tout à fait inefficace. MM. Joubert et Bonnaire introduiront probablement dans leur belle fabrique d'Angers les appareils usités dans la filature de la Lys en Belgique.

Le filage *au mouillé*, pratiqué à l'exclusion de tout autre dans le Nord, est très-insalubre à cause de la vapeur chaude et plus ou moins nauséabonde dans laquelle vivent les ou-

---

« le premier comme le dernier, pourquoi tous les meubles d'un ap-
« partement se trouvent en même temps chargés d'une couche de
« poussière. C'est que ces atomes qui se promènent horizontalement
« ne tombent que lorsqu'ils arrivent dans le voisinage très-rappro-
« ché de la surface d'un corps solide. — Cette observation me con-
« duisit à penser que si, à partir des meules, je faisais circuler l'air
« chargé de folle farine dans des conduits d'une grande largeur
« horizontale et d'une très-faible élévation verticale je parviendrais
« à amener l'un après l'autre tous les atomes de folle farine dans
« la sphère d'attraction de la surface horizontale des tablettes, et
« que, par conséquent, je déterminerais leur précipitation. »

vrières. Celles-ci sont en outre exposées aux gouttelettes d'eau que leur envoient continuellement les bobines et qui finissent par pénétrer tous leurs vêtements (*). On a peu cherché à remédier au premier de ces inconvénients, car la vapeur chaude est considérée comme essentielle à la bonne conduite du filage lui-même. Dès lors la ventilation risquerait de compromettre l'intérêt industriel. Une sorte de moyen terme consistant à introduire, dans de certaines conditions, de l'air chauffé, paraît avoir donné de bons résultats chez quelques filateurs, entre autres chez M. Tiers, à Orchies et chez madame V[ve] Pauris et fils, à Fives-lez-Lille. L'air est chauffé par les flammes perdues du foyer des chaudières, au moyen d'un système particulier de tuyaux, inventé par M. Giraudon; il se rend dans un conduit horizontal de 35 centimètres environ de diamètre, lequel parcourt tout un coté long de la salle, à 75 centimètres au-dessous du plafond, et envoie une branche parallèle de l'autre côté. Des orifices espacés d'environ 2 mètres sont ménagés sur les conduits pour la sortie de l'air chaud. Celui-ci pénètre dans la salle à une température de 20 à 25 degrés centigrades; il rabat les vapeurs sur le plancher où elles forment une couche compacte dans laquelle des cheminées d'aspiration viennent puiser à 80 centimètres au-dessus du plancher. L'appareil fonctionne en toutes saisons, car on tient beaucoup à la constance de la température. Par cette disposition, les bacs, les cylindres et les bobines se trouvent dans les conditions d'humidité voulue, tandis que les ouvriers respirent dans une atmosphère plus sèche et mieux renouvelée.

Quelques industriels, en tête desquels il faut placer M. Lepercq-Deledicque à Wazemmes (Lille), ont essayé de

---

(*) L'éminent magistrat qui administrait le département du Nord, M. Vallon, et qui avait donné tant de preuves de sa sollicitude pour l'hygiène publique, nous disait que la filature au mouillé était « la plaie de la classe ouvrière de Lille. »

faire disparaître ces inconvénients en remplaçant le mouillage à chaud par le nouveau système de mouillage à froid, breveté par M. Simon Boucher, filateur à Warchin, près Tournai. M. Lepercq avait même monté toute sa filature d'après ce procédé, et il a marché ainsi pendant deux ou trois mois. Mais il y a renoncé pour des motifs qui touchent à l'économie et à la qualité des produits. Ses confrères du Nord ont fait comme lui, après des essais moins complets. En regard de la défaveur générale qui paraît s'être attachée à une tentative si louable d'ailleurs au point de vue de l'hygiène publique, il convient de dire que l'inventeur maintient depuis trois ans 6.000 broches en activité d'après ce système, et qu'il déclare ses intérêts industriels pleinement sauvegardés. Il ne nous appartient pas de nous prononcer sur la valeur des arguments techniques donnés de part et d'autre; nous nous bornerons à les consigner dans la Note *b*.

Signalons en terminant une particularité de la manufacture de M. Cosserat à Amiens, particularité qui constitue une amélioration sensible pour les ouvrières. Chaque rangée de bobines est garnie d'un tablier en bois qui peut se relever ou s'abaisser à volonté en tournant autour d'une charnière horizontale. Une fois les bobines en train, l'ouvrière relève le tablier et se trouve ainsi préservée d'une grande partie des gouttelettes projetées pendant la rotation. On s'étonne qu'un moyen si simple ne se soit pas généralisé.

Les manufactures de coton sont, au point de vue de l'hygiène, beaucoup plus satisfaisantes que celles de lin. On trouve en Normandie et en Alsace des établissements qui ne le cèdent en rien à ceux des autres pays. Les opérations insalubres sont l'ouverture et le battage du coton ainsi que le nettoyage des cardes. Les deux premières s'effectuent à l'aide de machines dites batteurs-ouvreurs et batteurs-étaleurs, pourvues à l'intérieur de ventilateurs puissants qui aspirent toutes les poussières et les déchets de coton pour les rejeter

hors des ateliers. Nous ne mentionnons ces appareils que pour mémoire, car leur usage est devenu tout à fait général et a d'ailleurs été inspiré par des motifs étrangers à la salubrité. Le seul point sur lequel nous ayons à nous arrêter est relatif au mode d'expulsion des poussières : car si l'on se borne, par exemple, ainsi que cela arrive trop souvent, à les rejeter à l'air libre, dans le voisinage des salles de travail, elles y rentrent inévitablement par les portes ou les fenêtres, et l'incommodité reparaît sous une autre forme. Chez M. Octave Fauquet, à Oissel (Seine-Inférieure), les ventilateurs déchargent dans une grande cave en relation avec deux cheminées de 8 mètres de haut qui dépassent le faîte des ateliers disposés au rez-de-chaussée. Chez MM. Werhlin, Hofer et Cie à Mulhouse, la cave débouche dans une galerie souterraine à travers un treillage en bois formé de barreaux juxtaposés à 7 à 8 millimètres de distance qui arrêtent la plus grande partie des filaments. La meilleure disposition que nous avons vue est celle de M. Saladin, à Nancy : la cave à poussières a 50 mètres de long et 13 mètres quarrés de section ; la vitesse de l'air y est si faible que toutes les poussières se déposent avant la sortie.

Le nettoyage des cardes a été l'objet de diverses améliorations. Chez MM. Dollfus, Mieg et Cie, à Dornach, près Mulhouse, les chapeaux des cardes sont mobiles et nettoyés par une brosse qui n'est autre qu'un tambour garni de pointes fixes tournant horizontalement sous une enveloppe en tôle dans laquelle agit un ventilateur. Chez M. Schlumberger, ce sont les rouleaux qu'on enlève et qu'on enferme dans une caisse ventilée où se meut la brosse en hélice enroulée sur un tambour horizontal.

La préparation de la ouate donne lieu à des inconvénients analogues. Les premières opérations, effilochage et battage, dégagent des poussières d'autant plus incommodes que l'on opère fréquemment sur des cotons teints. La plupart des industriels ne cherchent pas à en garantir les ateliers. On

doit donc recommander d'autant plus la précaution prise par M. Wilde, au Grand Moulin, près Nancy : chacune des trois machines effilocheuses et des deux batteuses est munie d'une caisse dans laquelle agit le tuyau d'un ventilateur commun qui lance tous les débris dans une chambre close à l'étage supérieur. M. Paillet, à Tomblaine (Meurthe), se dispose à prendre la même mesure pour ses douze machines.

Le tissage du coton comporte une opération incommode, celle qui consiste à encoller et à sécher les fils de la chaîne. Dans beaucoup de manufactures, le séchage s'opère à l'aide d'un courant d'air chaud lancé du dehors au dedans à travers les fils. Une température très-élevée règne dans l'atelier, et l'atmosphère y est chargée d'émanations dégagées par la colle. M. Schlumberger, MM. Werhlin, Hofer et Ce, ainsi que quelques autres ont complétement assaini cette opération en introduisant les nouvelles machines anglaises (*sizing-machines*) qui opèrent le séchage par l'enroulement des fils sur des tambours chauffés à la vapeur à deux atmosphères. Ces tambours ainsi que le baquet de trempage sont abrités sous une vaste hotte communiquant à une cheminée. Rien de sain et de propre comme les nouveaux ateliers. Ces machines rencontrent pourtant encore des obstacles à leur propagation. On leur a reproché de faire adhérer les fils, mais comme l'a fait remarquer M. Alcan, cet inconvénient paraît tenir à la manière de faire la colle. En la faisant cuire une heure et demie ou deux heures, au lieu de trente à quarante minutes qui suffisent avec l'ancienne méthode, la colle est assez limpide pour prévenir toute adhérence des fils. On a dit également, et l'objection paraît plus fondée, que cette machine convient difficilement aux fils très-fins parce que ceux-ci ont besoin d'offrir une certaine résistance pour transmettre le mouvement aux tambours.

Laine et soie.—Le travail de la laine est beaucoup plus inoffensif que les précédents. Citons toutefois l'échardon-

nage ou égrattonnage, consistant à débarrasser la laine de ses impuretés, lequel est assez incommode pour les ouvriers quand il a lieu au moyen de machines dépourvues de ventilateurs, Quelques grandes maisons, parmi lesquelles celles de M. David Baccot, à Sedan, ont commencé à adopter les échardonneuses ventilées du système Houget et Teston, de Verviers, et l'on doit souhaiter de voir ce perfectionnement se généraliser.

Notons également, quoique d'importance secondaire pour la salubrité, la particularité du séchage. Il est très-avantageux de sécher les laines à la manière de M. Wulveryck, à Saint-Quentin, c'est-à-dire au moyen d'un courant d'air dirigé de dedans en dehors. Les ouvriers sont ainsi soustraits aux vapeurs toujours un peu malsaines qui se dégagent des séchoirs. Dans les fabriques de draps, les machines à trier, qui battent les laines teintes, produisent des poussières plus ou moins nuisibles. On peut suivre l'exemple de M. Flavigny, à Elbeuf, qui a renfermé sa machine dans une chambre hermétiquement close pourvue d'une cheminée d'appel avec ventilateur.

Dans les filature de soie, les ateliers de dévidage des cocons sont sujets à de très-mauvaises odeurs quand les opérations n'y sont pas conduites avec toutes les précautions convenables. Les établissements anciens laissent en général beaucoup à désirer sous ce rapport, et les inconvénients n'y sont combattus qu'en ouvrant à tous les vents les salles de travail : le dévidage s'effectue sous des hangars où le renouvellement de l'air est facilité par les nombreux foyers allumés sous les *bassines*. Dans les établissements récents, on a pris des dispositions meilleures; plusieurs fabriques sont même remarquables. Voici, par exemple, comment les opérations sont conduites chez M. Charles Buisson, à Saint-Germain-la-Tronche, près Grenoble.

Tous les appareils sont chauffés à la vapeur. Chaque

bassine est pourvue d'un robinet à vapeur, d'un robinet d'eau froide et d'un tuyau de fuite placés sous la main de l'ouvrière et manœuvrés par elle au gré des besoins. Les cocons préalablement étouffés à l'étuve dès leur réception, sont, au fur et à mesure des besoins, cuits dans une bassine à l'eau bouillante placée dans un petit atelier contigu à la filature. L'opération étant très-rapide (une minute en moyenne) et les liquides étant sans cesse renouvelés, il ne peut se produire aucune odeur. Les cocons sont ensuite préparés, c'est-à-dire trempés pendant quelques minutes dans des bassines d'eau chaude où la partie dite gommeuse se dissout, et livrés aux dévideuses, qui les placent dans les bassines du dévidage proprement dit. C'est là que le séjour se prolonge et que les odeurs peuvent prendre naissance, soit par suite de la fermentation du liquide, soit à cause de la présence des chrysalides que l'ouvrière accumule auprès d'elle. La première cause est combattue par un fréquent renouvellement des eaux. Pour prévenir la seconde, un godet percé à jour, placé près de la bassine et perpétuellement traversé par l'eau froide qui s'échappe de l'aiguière où l'ouvrière rafraîchit ses doigts, reçoit provisoirement les chrysalides épuisées qu'on emporte ensuite de l'atelier quatre fois par jour.

L'usage de l'aiguière à eau froide, attenant à chaque bassine, a un autre avantage : c'est d'atténuer sensiblement l'éruption assez douloureuse qui se développe fréquemment sur les doigts des ouvrières au début de leur profession, et qui est due au contact permanent d'une liqueur chaude chargée des principes solubles du cocon (*).

Les dispositions que nous venons de retracer se rencon-

(*) Voir *Recherches ou observations sur le mal des vers ou mal des bassines qui attaque exclusivement les fileuses de cocons de vers à soie*, par M. le Dr Potton, membre du conseil d'hygiène publique du Rhône.

trent, à peu de chose près, dans plusieurs fabriques de l'Isère et du Gard. Nous citerons notamment celle de M. Ernest Teissier du Cros, à Vallerangue, dont la belle salle de dévidage, contenant cent quatorze bassines perfectionnées du système Michel, de Nîmes, se fait remarquer par ses grandes dimensions et son extrême propreté.

Ventilation des ateliers. — Un moyen général d'assainissement des ateliers, c'est la ventilation. Nous ne parlons pas, bien entendu, malgré son importance capitale, de celle qui consiste à ménager des ouvertures suffisantes pour la libre circulation de l'air, mais de celle qui exige le concours des moyens spéciaux, tels, par exemple, que les ventilateurs mécaniques.

L'aération artificielle des salles commence à se propager dans l'industrie française, non-seulement au point du renouvellement de l'air, mais aussi au point de vue de l'enlèvement des poussières. Les exemples les plus remarquables se rencontrent dans les filatures de coton et de laine et dans les manufactures impériales de tabacs. Nous n'avons point à décrire en détail les appareils dont les divers systèmes sont suffisamment connus; nous nous bornerons à faire connaître succinctement les dispositions d'ensemble adoptées dans les principaux établissements.

Citons en première ligne la filature de M. Octave Fauquet, à Oissel (Seine-Inférieure). La salle principale, abritant le cardage et le filage, mesure 9.000 mètres quarrés de superficie. C'est, pensons-nous, la plus grande de France. On s'est proposé à la fois d'avoir une température uniforme, d'enlever les impuretés et d'entretenir une certaine fraîcheur, toutes circonstances non moins favorables au travail du coton qu'à la santé des ouvriers. Pour prévenir les variations de température dues à l'influence des agents atmosphériques sur la toiture, on a employé le mode de construction économique que voici : des bouteilles étaient

juxtaposées alternativement par le gros et le petit bout dans un sens perpendiculaire à la surface des voûtes qui devaient composer le plafond; les vides étaient comblés de plâtre et l'on retirait ensuite les bouteilles de façon qu'il ne restait plus qu'un système très-léger et en quelque sorte spongieux, formé entièrement de plâtre. On étendait une couche mince dessus et dessous sans solution de continuité, et l'on avait ainsi finalement un plafond à double paroi, comprenant un matelas d'air emprisonné dans une multitude de cellules, et très-mauvais conducteur du froid ou de la chaleur régnant sur la toiture. Les croisées sont exclusivement ménagées dans ce plafond et sont toutes à double vitrage. Le système de chauffage est celui des tuyaux à eau chaude. Le renouvellement de l'air et l'expulsion des impuretés sont assurés au moyen de deux ventilateurs mécaniques de 1^{m},50 de diamètre, placés chacun dans une galerie souterraine de 2 mètres d'ouverture ouvrant sur le bord de la Seine. Ils fonctionnent à la vitesse de 250 à 300 tours par minute, l'un pour introduire l'air, l'autre pour le rejeter. Le jeu des appareils peut être renversé à volonté, mais habituellement c'est le ventilateur placé près des cardes qui agit pour expulser, parce qu'on préfère avec raison que l'air se charge de poussières dans la dernière partie de son parcours. La circulation de l'air dans la salle s'effectue à l'aide d'un système de conduites logées sous le plancher et de 30 orifices grillés servant, les uns à l'entrée de l'air, les autres à la sortie. Enfin le degré d'hygrométrie est obtenu au moyen d'une pluie d'eau froide qu'on fait tomber, quand besoin est, à travers une pomme d'arrosoir, dans la galerie consacrée à l'introduction. M. Fauquet se propose même, pour rendre le moyen plus efficace, de placer un tuyau sur toute la longueur de la galerie et de faire agir à la fois plusieurs pommes d'arrosoir adaptées de distance en distance. Grâce à l'ensemble de ces moyens, l'atmosphère de la salle est remarquablement pure, sans aucune odeur,

et c'est à peine si l'on voit voltiger quelques débris au voisinage des machines à carder.

MM. Werhlin, Hofer et Cie se sont également attachés à soustraire aux variations atmosphériques la belle salle de tissage qu'ils viennent de construire à Mulhouse. La toiture est peinte en blanc extérieurement. Elle est à doubles parois contenant une sorte de magma poreux formé de sciure de bois réunie par une bouillie de lait de chaux et elle est séparée du plafond proprement dit par un vide de quelques centimètres. Quant à l'hygrométrie, on y satisfait au moyen de canaux souterrains dans lesquels circule l'eau de condensation des machines et qui sont pourvus de bouches se démasquant à volonté sur le plancher. Dans la salle de filage, de 7.000 mètres carrés, de MM. Steinbach, Kœchlin et Cie construite l'année dernière à Dornach, et remarquable par son élégance autant que par sa parfaite salubrité, la ventilation est obtenue, d'une part, par l'aspiration qui s'exerce dans la salle des batteurs ouvrant sur celle du filage et, d'autre part, au moyen de deux ventilateurs spéciaux agissant à une extrémité tandis que l'air afflue à l'autre extrémité par des orifices dispersés sur le plancher. L'utilisation des batteurs pour aérer l'atelier du filage est du reste assez répandue; c'est ce qu'on voit notamment chez MM. Schlumberger fils et Cie, chez MM. Werhlin, Hofer et Cie, etc. C'est un moyen économique qu'à défaut d'autres plus efficaces, on ne saurait trop recommander. Un expédient analogue est appliqué dans la filature de laine de M. Wulvéryck, à Saint-Quentin: l'aspiration du séchoir sert à ventiler la salle de lavage et de peignage (*). Chez MM. Villeminot, Huart, V. Rogelet et Cie, à Reims, l'aspiration de la cheminée des chaudières

(*) Signalons en passant une particularité de nature à rassurer ceux qui pourraient craindre qu'un pareil mode d'aérage ne fît naître des courants d'air nuisibles pour les ouvriers. Nous avons

a paru suffisante pour aérer la salle de filage malgré ses 4.000 mètres carrés de surface.

Dans les manufactures de tabacs, ou plutôt dans les ateliers de fabrication de cigares, il n'est point nécessaire d'entretenir une température uniforme. Il y a beaucoup moins de poussières que dans les filatures, mais on a à se prémunir contre les émanations du tabac humecté et surtout contre celles qu'engendre une grande agglomération de personnes. Le système de ventilation est mixte et basé à la fois sur le principe du chauffage et sur celui de la propulsion mécanique. L'air est aspiré du dehors par des ventilateurs; il circule entre les solives du plancher et débouche dans les ateliers en traversant des enveloppes de poêle où il s'échauffe pendant l'hiver. Les orifices de sortie sont distribués sur le plancher; les conduites de dégagement, semblables à celles d'admission et ménagées comme elles entre les solives, se rendent à des cheminées d'appel au-dessus des toits. La distribution est calculée sur le pied de 8 mètres cubes par personne et par heure. A ce chiffre on constate la disparition de toute odeur et de toute humidité. Telle est la disposition générale adoptée par MM. Rolland et Demondésir dans plusieurs établissements, à Bercy, à Nantes, à Châteauroux, etc. A Nantes, qui offre un bon type, le ventilateur, de $1^m,30$ de diamètre et de 350 tours à la minute, dessert cinq salles de 40 mètres sur 15, pouvant contenir chacune 250 ouvrières environ. Chaque salle est pourvue de quatre poêles de chauffage, desservis chacun au moyen de deux conduits entre solives de $0^m,35$ sur $0^m,18$ de section, soit en tout $\frac{1}{2}$ mètre quarré de surface d'admission, et autant pour la sortie qui s'effectue par des con-

constaté chez MM. Wulvéryck que tandis que la vitesse de l'air est très-grande sur le pas même de la porte de communication des deux salles, elle est insensible à un mètre de distance et nulle par conséquent aux places de travail.

duites semblables. Les cheminées d'appel, au nombre de deux, débouchent à 8^{m},50 au-dessus du niveau du plancher de l'étage supérieur. La prise d'air a lieu dans une cave de 200 mètres de long sur 4 mètres de large, ce qui permet, le cas échéant, de marcher l'été à l'air frais au moins pendant quelques jours. A Marseille, où il serait bien plus utile encore de ventiler à l'air frais, MM. Pradines et Kretz se proposent d'installer dans la nouvelle manufacture actuellement en construction, un appareil rafraîchisseur, analogue à celui de M. Octave Fauquet.

Appareils à protéger les organes respiratoires. — Ces sortes d'appareils sont employés dans des industries où il est difficile de préserver efficacement, par des dispositions d'ensemble, les ouvriers des poussières ou des gaz insalubres auxquels donnent lieu les opérations qu'ils accomplissent. On en observe plusieurs types dont aucun ne paraît jusqu'ici s'être beaucoup généralisé. Ils sont gênants pour les ouvriers; quelques-uns même sont compliqués et assez lourds pour occasionner promptement de la fatigue.

Le plus simple de tous est celui que M. Camus, fabricant d'acétate de plomb, à Ivry, fait porter aux hommes qui opèrent l'embarrillement. C'est un masque qui couvre la moitié inférieure du visage et qui est formé d'une éponge serrée entre deux toiles métalliques. Il faut le savonner tous les jours. Les ouvriers de M. Orsat, fabricant de céruse à Clichy, y ont renoncé parce qu'ils le trouvent trop échauffant, et parce que, disent-ils, c'est pour eux une occasion de toucher leur visage avec des doigts chargés de céruse.

M. Paris, fabricant d'émaux à Bercy, a imaginé un appareil pour arrêter les poussières fines provenant soit du broyage, soit de l'émaillage (Pl. XII, *fig.* 6). Il se compose d'un masque et d'un long tuyau que l'ouvrier suspend sur le côté et qui supporte un tambour d'aspiration recouvert de flanelle. Le masque étant en gutta-percha, on en ramollit les bords

en les trempant dans l'eau chauffée à 60 ou 70 degrés ; ces bords s'adaptent alors parfaitement sur le visage, et lorsqu'ils sont refroidis, ils reprennent leur consistance en maintenant un complet isolement avec le dehors. Quant à la flanelle à travers laquelle s'effectue la respiration elle doit être toujours humectée : il suffit pour cela de plonger le tambour et de le secouer avant de l'employer. Quelques industriels font usage de cet appareil qui a été livré par M. Paris à la vente publique.

Une invention un peu semblable est due au sieur Poirel, ancien ouvrier meulier à la Ferté-sous-Jouarre. Elle a été faite en vue de remédier aux inconvénients très-graves qu'entraîne le piquage des meules. Cette opération est accompagnée d'un dégagement considérable de poussières de grès et d'acier qui au bout d'une dizaine d'années détermine des maladies souvent mortelles. La population ouvrière de la Ferté est décimée par cette cause d'insalubrité. Les patrons viennent d'en atténuer les ravages en remplaçant les anciens ateliers fermés par de vastes hangars grillés où les ouvriers travaillent à peu près au grand air. L'absorption des poussières est naturellement diminuée, mais elle ne laisse pas de produire encore de funestes effets. L'appareil Poirel, dit *absorbant hydraulique* (Pl. XII, *fig.* 5), se compose essentiellement d'un masque supportant un petit réservoir d'eau à travers lequel se fait l'aspiration, et surmonté d'une soupape par laquelle se fait l'expiration. Les poussières les plus ténues sont absorbées par la mince nappe liquide que l'air est obligé de traverser. L'eau est renouvelée toutes les deux heures en moyenne et on la voit alors fortement chargée de matières étrangères. Malgré l'efficacité incontestable de cet absorbant, six ou huit ouvriers à peine s'en servent régulièrement, à cause du poids et de la gêne qui en résultent pour eux. Le même motif l'a fait abandonner chez MM. Firmin Didot, où les ouvriers chargés du nettoyage des chiffons l'avaient d'abord adopté,

ainsi que chez divers fabricants de céruse, MM. Orsat, Bezançon, etc.

Ces divers appareils ne préservent que des poussières. Celui qui vient d'être inventé par M. Galibert et qui jouit déjà d'une certaine popularité, a pour objet de mettre à l'abri des dangers de tout milieu non respirable, quelle que soit la nature de l'insalubrité. Il consiste en un masque respiratoire proprement dit, communiquant avec un réservoir d'air que l'opérateur emporte avec lui partout où il a besoin de pénétrer. L'outre ou vessie servant de réservoir est par elle-même très-légère. On la gonfle en quelques secondes au moyen d'un soufflet, et on introduit quatre-vingt litres d'air dans cette sorte de ballon, que l'opérateur fixe sur son dos, comme une hotte, à l'aide de bretelles et d'un ceinturon. La communication est établie au moyen de deux tuyaux de caoutchouc aboutissant, celui d'aspiration dans le bas du réservoir, et celui d'expiration dans le haut. Dans ces conditions, la provision de quatre-vingt litres paraît suffire pour une demi-heure. Du reste, l'opérateur ayant un long travail à accomplir pourrait emporter plusieurs appareils de rechange ainsi gonflés. Cette invention a été l'objet de plusieurs expériences publiques qui ont eu un assez grand retentissement (*). Diverses compagnies

(*) Nous citerons celle du 9 août 1864, qui a eu lieu à la caserne des pompiers du Château d'eau, en présence de M. le général de division Ulrich. Une cave avait été remplie de fumée. « M. Galibert, « dit le moniteur du 23 août, est descendu dans cette cave et y est « demeuré un temps très-notable. Aucune trace de souffrance ne « se lisait sur sa physionomie, lorsqu'il est sorti de ce séjour asphyxiant. »

Des expériences analogues ont été répétées le 8 janvier 1865 dans l'hôtel de la Société générale, et le 27 avril dans la caserne de la rue Culture Sainte-Catherine, en présence d'hommes compétents. Des personnes étrangères au maniement de l'appareil, de simples sapeurs pompiers, ont tour à tour pénétré dans des caveaux pleins d'acide sulfureux ou de fumées irritantes et ont pu y faire impunément des séjours de dix et quinze minutes.

industrielles paraissent devoir y recourir pour certains travaux dangereux. On en recommande particulièrement l'emploi pour les ouvriers puisatiers, égouttiers, vidangeurs, ainsi que pour les personnes appelées à combattre les incendies.

Nous n'insisterons pas sur diverses particularités de moindre importance, ayant également en vue de préserver les organes respiratoires. Ainsi, chez M. Kestner à Thann, les ouvriers des fours à décomposer le sel marin, portent des éponges mouillées; à Chauny, pour pénétrer dans les chambres de plomb, on s'est servi quelque temps de casques semblables à ceux de la fabrique de Mannheim; dans la plupart des filatures de lin et de chanvre, on fait usage d'étoupes; dans d'autres cas, on se contente d'un mouchoir noué sur la figure, etc., etc.

Divers. — Nous nous sommes attachés à signaler les procédés ayant un caractère assez tranché. Mais il existe naturellement un grand nombre de précautions qui peuvent atténuer considérablement les inconvénients des industries. Ainsi, dans les opérations donnant lieu à des dégagements de poussière, un moyen assez général consiste à humecter les matières ou à en effectuer le broyage sous l'eau, et même à remplacer en certains cas, le tamisage par une décantation. A Choisy-le-Roi, par exemple, toutes les opérations préliminaires de la fabrique de faïence de M. Boulanger s'effectuent exclusivement par la voie humide. Il en est de même à Sèvres, où l'on a soin également de mouiller les porcelaines soumises au polissage par le grès artificiel; le travail en marche un peu moins vite, mais la santé des ouvriers est préservée. M. Guimet, dans sa belle fabrique de Fleurieux-sur-Saône, a assaini d'une manière analogue le broyage du bleu d'outremer (*).

(*) Le broyage sous l'eau lui a permis en outre, nous dit-il, d'obtenir une finesse beaucoup plus grande que chez les concurrents qui opèrent à sec.

M. Knapp, à Strasbourg, qui prépare des couleurs avec des alliages métalliques, prévient les poussières engendrées par la pulvérisation, en empâtant les substances avec une solution épaisse de gomme arabique (*). Nous ne mentionnons que pour mémoire le mouillage des meules à tailler les cristaux, car cette pratique est commandée par l'intérêt même du travail : si l'intervention de l'eau cessait un instant, le cristal s'échaufferait et la pièce se briserait.

Une autre précaution en quelque sorte élémentaire, mais qu'on ne doit pas moins signaler, parce qu'elle est trop souvent négligée, consiste à enfermer, quand on le peut, les substances dans des appareils hermétiques ou communiquant directement avec le dehors. Sous ce rapport on peut recommander les broyeurs à chaux, à sulfate et à bicarbonate de soude de M. Kestner, à Thann, le blutoir à bleu d'outremer de M. Guimet, l'appareil à tamiser la chaux de M. Coignet à Saint-Denis, etc., etc.

Les dispositions ayant en vue de soustraire les ouvriers aux vapeurs délétères se rattachent généralement au principe bien connu des hottes de dégagement. Mais la plupart du temps, les applications sont si défectueuses qu'il n'est pas inutile de citer quelques ateliers où l'on a procédé avec un meilleur succès. Chez M. Christofle, à Paris, la salle principale de décapage est pourvue de hottes qui communiquent à une cheminée spéciale de 22 mètres de haut dans laquelle on entretient tout exprès un bon feu de bois. Les piles électriques de l'argenture et de la dorure, sont transportées hors des salles et placées dans des cages vitrées, dont la principale, celle de l'argenture, est ventilée par une cheminée de 25 mètres, dans laquelle brûlent six becs de gaz. Chez MM. Guinon, Marnas et Bonnet, près

(*) Ces poussières sont assez dangereuses pour que dans certaines maisons allemandes, où l'on broie à sec, on ait été obligé d'adopter des ventilateurs.

Lyon, où l'on prépare une couleur rouge nouvelle avec diverses substances parmi lesquelles figure l'acide phénique, il se dégage un mélange de vapeur d'eau et d'oxyde de carbone qui entraîne des parcelles d'acide phénique, fort incommodes pour les ouvriers; les chaudières sont surmontées de hottes vitrées, fermant avec un soin extrême et débouchant au-dessus du toit. L'appareil à égoutter l'acide picrique, des mêmes fabricants, est constitué par une caisse longue, recouverte de planches jointives, et communiquant à la cheminée des foyers, afin d'entraîner les vapeurs nitreuses qui s'échappent abondamment des cristaux pendant le séchage. A la fabrique de Javel, à Paris, la cuve dans laquelle on prépare le chlorure de zinc et d'où s'échappe une forte quantité d'hydrogène, est surmontée d'un chapeau qui débouche au cendrier du foyer. Il en est de même pour les cuves à fabriquer le sulfate de fer de M. Gros à Lyon. L'atelier d'étamage de MM. Japy, à Voujeaucourt, est remarquable par les nouvelles dispositions adoptées pour préserver les ouvriers des vapeurs de suif qui se dégagent des bains d'étain. Comme les hottes se gênent quelquefois réciproquement, quand elles débouchent dans une cheminée commune, on renonce à accoupler les bassins ou creusets, ainsi que cela avait lieu jusqu'à présent. Chaque creuset a sa cheminée propre, constituée par un tuyau de tôle de 5 mètres de haut, entouré d'une gaîne en briques de 10 mètres. Les flammes du foyer s'échappent par le tuyau en tôle, et les vapeurs de suif, réunies sous une hotte, débouchent dans l'intérieur de la gaîne, par un orifice de $0^m,35$ de large, sur $2^m,20$ de haut, en sorte que les uns et les autres ne se rencontrent qu'à la sortie du tuyau, soit à 5 mètres au-dessus du creuset. Le but de cette disposition est d'éviter de contrarier le tirage du foyer tout en maintenant une bonne aspiration dans la hotte. En même temps, comme l'introduction violente de l'air extérieur, par les portes ou les croisées, a

souvent pour effet de chasser les vapeurs dans l'atelier, on assure une ventilation calme et régulière au moyen de canaux ménagés sous le plancher avec nombreux orifices. Le plafond, très-élevé, est pourvu, de deux mètres en deux mètres, le long de l'arête supérieure, de cheminées d'appel pour dégager les vapeurs qui pourraient encore s'y amasser (*).

En certains cas, une simple modification de détail dans la construction d'un four, par exemple, permet de réaliser une amélioration sensible pour l'hygiène. Ainsi, les ouvriers occupés à la décomposition du sel marin sont exposés aux vapeurs d'acide chlorhydrique qui s'échappent par la porte de travail ou qui s'exhalent du sulfate de soude retiré du four. Dans quelques fabriques, à Chauny, à Salyndres, à l'Oseraie, la porte est surmontée d'une petite hotte en communication avec la cheminée, et le sulfate calciné est refroidi à couvert dans un etouffoir ménagé sous la sole et communiquant aussi à la cheminée, soit directement, soit par l'intermédiaire de quelques bonbonnes de condensation. Les fours à calciner les pyrites ont été l'objet d'une amélioration analogue, à Chauny et à Thann. Au moment du chargement, l'ouvrier fait glisser un registre et établit la communication avec la grande cheminée, afin d'empêcher l'acide sulfureux de rentrer dans l'atelier. Un bon détail à noter en passant, à Chauny, c'est que le tuyau qui amène le gaz aux chambres est à double tubulure, en sorte que quand une des branches est corrodée on se sert immédiatement de l'autre, sans que les vapeurs puissent se répandre dans l'atelier.

Enfin, il est des circonstances où, à défaut de moyens techniques, de bonnes mesures hygiéniques conjurent en grande partie le mal. Nous avons déjà eu occasion de citer

---

(*) On était en train d'introduire ces améliorations, lors de notre passage à Voujeaucourt.

les soins de propreté en vigueur dans les fabriques de céruse et d'acétate de plomb : nous n'y reviendrons pas à propos d'autres industries auxquelles des remarques analogues s'appliquent. Nous nous bornerons à retenir une particularité, comme exemple de ce que peut pour la santé des ouvriers l'intelligente administration des patrons. Aux cristalleries de Saint-Louis et de Baccarat, on affecte à la préparation du minium des hommes de la campagne, demeurant à quelques kilomètres de la fabrique, qui ont ainsi un grand exercice à faire à la sortie de leur travail. On les fait alterner au bout d'une semaine pour les occuper alors en plein air. On veille en outre à ce qu'ils aient une nourriture très-fortifiante. Ces sages mesures ont prévenu les coliques saturnines dans ces vastes établissements.

Nous terminerons ici cette énumération, bien qu'il y ait un grand nombre d'autres industries dangereuses pour les ouvriers. Mais les unes n'ont pas été assainies (*), ou ne

---

(*) Telle est par exemple, la fabrication du chromate de potasse, qui détermine au bout de peu de jours la perforation de la cloison nasale. Chez M. Clouet, au Havre, l'accident est général : il paraît dû aux particules de chromate en suspension dans l'air et provenant soit du broyage des matières sèches, soit de l'évaporation des liqueurs. De plus, la moindre écorchure aux mains dégénère en ulcère cancéreux, qui ne tarderait pas à s'approfondir jusqu'à l'os, si l'on ne s'empressait de traiter la plaie par le sous-acétate de plomb.

On peut citer aussi comme industrie non assainie, du moins en France, celle de la quinine, laquelle produit les singuliers effets qu'on sait, même sur des personnes étrangères à la fabrication. « Il « suffit quelquefois, nous disait M. Armet de Lisle, de stationner dans « l'usine, pour contracter la maladie; » et, à ce propos, nous ne pouvons résister au désir de transcrire ci-après la note qu'il nous a remise et qui relate des faits curieux, que nous croyons inédits : « De trois frères du même père et de la même mère, l'un, l'aîné « reste dix ans sans rien avoir; le plus jeune, depuis trois ans, n'a « pas encore été atteint; le second, attrape la maladie au bout d'un « mois, quitte la fabrique et reste un an ou quinze mois sans vivre « avec ses frères. Au bout de ce temps, donnant la main à un voitu- « rier de l'usine pour décharger une voiture de toiles (enveloppes

sont que d'une faible importance; les autres sont en même temps nuisibles au voisinage et dès lors seront examinées dans la seconde partie de ce travail (*).

II. Infection de l'atmosphère générale.

La législation des établissements insalubres est fondée, en France, sur le système préventif. Ils sont soumis, on le sait, à la condition de l'autorisation préalable, ce qui entraîne habituellement pour chaque usine des prescriptions d'ordre technique auxquelles elle est tenue de se

---

« des ballots de quinquina), il est repris de la maladie, qui le tient « huit jours au lit avec les yeux fermés.

« Une servante travaillant près de l'usine, est forcée de quitter la « maison.

« Plusieurs ouvriers prenant des vêtements ou des outils de leurs « camarades, sont malades, pour deux, trois et quelquefois huit « jours.

« Un ancien ouvrier passant sur la berge, l'usine étant ouverte, « est repris de la maladie pendant deux ou trois jours. »

(*) C'est à dessein que nous n'avons pas compris dans notre nomenclature une industrie considérable et qui passe pour insalubre, celle du verdet ou vert de gris (acétate basique de cuivre). Il résulte en effet des renseignements qui nous ont été fournis sur les lieux, que, bien que le verdet pris à une certaine dose soit un poison redoutable, les manipulations auxquelles il donne lieu, dans la pratique industrielle, sont sans danger sérieux pour les ouvriers. L'absorption lente et quotidienne de ce corps paraît plutôt favorable à la santé, et semble agir efficacement, chez les femmes, pour combattre la chlorose. Le seul détail insalubre, à un degré peu grave, d'ailleurs, est celui des poussières engendrées par le maniement des cuivres ayant déjà servi. Aucune mesure spéciale n'a été adoptée : les ouvriers se bornent à nouer quelquefois un mouchoir sur leur nez et leur bouche.

Cette manière de voir est partagée par des hygiénistes distingués de Montpellier, MM. Pécholier, Saint-Pierre, Dumas, etc. Les deux premiers ont publié en 1864, une fort intéressante étude sur l'hygiène des ouvriers employés à la fabrication du verdet, et arrivent à cette conclusion : « Au point de vue de l'hygiène publique, la « fabrication du verdet est absolument sans inconvénients. »

conformer. Rien ne limite d'ailleurs, l'étendue de ces prescriptions : la loi générale s'est bornée à en poser le principe et a laissé à l'administration le soin d'en régler souverainement les détails. Chaque préfet, éclairé par son conseil d'hygiène, délivre pour son département les permissions d'usines et insère les clauses qu'il juge utiles à la salubrité publique. (Note *c.*) La surveillance est exercée exclusivement par les autorités locales, et, dans la plupart des cas, par les seuls agents de la police ordinaire. Il n'existe point, comme en Belgique et en Prusse, ni même comme en Angleterre (depuis deux ans), d'inspecteurs du gouvernement relevant de l'autorité centrale. Aussi l'exécution des arrêtés laisse-t-elle beaucoup à désirer. (Note *d.*)

L'ensemble des établissements insalubres ne présente pas un aspect bien satisfaisant. Si l'on ne trouve nulle part de ces grands abus, comme en Angleterre, c'est que l'industrie n'est accumulée sur aucun point, dans les mêmes proportions gigantesques ; mais les usines, prises individuellement, n'en sont pas pour cela mieux tenues. Du reste, quand on veut apprécier l'état de la salubrité industrielle, il faut mettre à part les grands établissements, ceux surtout de construction récente. Plusieurs d'entre eux doivent à l'intelligente initiative de leurs patrons des améliorations considérables, qui vont même bien au delà des précautions exigées par les arrêtés. Mais les petits établissements, qui sont les plus nombreux, vivent, pour la plupart, dans l'oubli des règles de l'assainissement (*).

Emploi des grandes cheminées. — Un moyen élémentaire et général d'assainissement consiste dans l'emploi des

(*) On ne peut expliquer la rareté relative des plaintes qu'ils soulèvent, que par cette apathie assez fréquente chez les gens qui supportent un dommage en commun et surtout par ce sentiment, général dans les populations de la province, qui empêche chacun de se mettre en avant pour obtenir le redressement d'un abus.

grandes cheminées. Toutes les fabriques importantes en sont pourvues. On y dirige les gaz ou vapeurs qu'on renonce à détruire par des moyens spéciaux, et l'on atténue ainsi, jusqu'à les prévenir quelquefois complétement, les ravages qui résulteraient de leur action, si le dégagement avait lieu à un niveau moins élevé.

Les cheminées sont moins hautes en France que dans les autres pays. Elles sont ordinairement comprises entre 30 et 40 mètres. Dans quelques établissements de premier ordre, à Thann, à l'Oseraie, à Rouen, elles varient de 50 à 60 mètres ; à Salyndres, on en voit une de 70 mètres; et, chez M. Maletra, à Rouen, la cheminée principale, qui est, pensons-nous, la plus haute de France, atteint 74 mètres. On peut citer encore un dégagement à un niveau plus élevé: c'est celui de la fabrique de MM. Gayet et Gourjon, à Montredon, près Marseille ; la cheminée traînante du four à sulfate de soude, rampe le long des rochers et émet ses fumées, assez loin de l'usine, à un niveau de 110 à 120 mètres.

1° *Gaz provenant du traitement des matières minérales.*

Vapeurs nitreuses. — Les opérations donnant lieu à des dégagements nitreux peuvent être divisées en deux groupes : 1° Celles qui ont pour objet la fabrication de l'acide sulfurique dans les chambres de plomb; 2° diverses réactions ayant en vue des produits variés, tels que nitrobenzine, persulfate de fer, acides nitrique, arsénique, picrique, etc. Chaque groupe a ses procédés d'assainissement propres.

L'appareil de condensation par excellence annexé aux chambres de plomb est la colonne Gay-Lussac, garnie de coke humecté d'acide sulfurique concentré, et dont les dimensions habituelles varient de 5 à 10 mètres en hauteur. On en peut voir bon nombre d'applications dans les fabriques françaises. Plusieurs industriels ont apporté au sys-

tème des modifications importantes : quelques-uns même ont supprimé l'acide sulfurique concentré, dont la préparation est une grande sujétion pour les usines qui n'en font pas le commerce. Chez M. Kuhlmann, à Loos, près Lille, la colonne est remplacée par une série de douze bonbonnes, suivie de deux tourelles de 5 à 6 mètres de haut, garnies de boules en grès creuses sur lesquelles on verse continuellement un filet d'eau. Les bonbonnes sont quelquefois parcourues par de l'acide sulfurique concentré : cela dépend du degré de résistance à l'absorption qu'offrent les vapeurs. Dans la succursale que ce même industriel possède à Amiens, les tourelles sont supprimées et le condenseur est formé par soixante bonbonnes, dont les dernières, qui contenaient autrefois du carbonate de baryte, sont garnies d'acide sulfurique (*). A Salyndres, une amélioration qui nous a paru intéressante consiste à interposer entre les trois chambres que parcourent successivement les gaz, des colonnes pleines de coke sec, afin d'obtenir un mélange plus complet et de diminuer d'autant la proportion des vapeurs qui passent au condenseur. Aux environs de Marseille, par exemple chez M. Daniel à Mazargues, chez MM. Gayet et Gourjon à Montredon, on se borne à injecter de la vapeur d'eau dans la colonne de coke. MM. Maze et Chouillou, à Rouen, ont encore simplifié le système, en n'employant que du coke sec : il est vrai que l'épaisseur en est considérable, une dizaine de mètres environ, et qu'on fait déboucher la colonne à l'air libre pour surveiller l'absorption avec plus de soin. Enfin, à la fabrique de MM. Perret, à l'Oseraie, près Avignon, on n'a pas même de coke, et l'on se contente de faire parcourir aux vapeurs un conduit souterrain de 100 mètres, où elles se conden-

(*) Lors de notre visite, le chimiste qui dirige la fabrication se proposait de laisser vingt bonbonnes vides, d'en garnir vingt d'acide sulfurique et autant d'acide nitrique.

sent tant bien que mal avant de gagner la cheminée. Somme toute, la colonne Gay-Lussac, dans ses dispositions primitives, paraît être encore le meilleur appareil d'absorption.

Un mode de fabrication de l'acide sulfurique qui aurait réalisé un assainissement radical, car il rendait tout condenseur spécial inutile, a été essayé sur une grande échelle à la fabrique de Montmorency, près Lyon, laquelle a dû, pour des raisons commerciales, discontinuer ses opérations (*). Les gaz sulfureux et nitreux, mélangés dans les proportions ordinaires, au lieu d'être envoyés aux chambres de plomb, étaient dirigées dans 50 bonbonnes, divisées en 10 rangs verticaux de 5 bonbonnes superposées, qu'ils parcouraient successivement. Les bonbonnes, de 120 litres de capacité, étaient remplies de coke. Les deux premiers rangs recevaient une pluie d'eau froide ; les suivants une pluie d'acide sulfurique faible, recueilli dans les premiers, et les derniers une pluie d'acide sulfurique de plus en plus concentré. L'appareil entier fonctionnait ainsi à la manière d'une vaste colonne Gay-Lussac, et réalisait, dès lors, tous les effets habituels d'absorption de cette dernière ; aussi, les vapeurs pouvaient-elles s'échapper sans inconvénient, à l'air libre, à l'issue de la dernière bonbonne.

Les procédés d'assainissement usités dans les opérations du deuxième groupe consistent à condenser les vapeurs dans l'eau ou à l'aide d'alcalis, et à les envoyer dans des foyers incandescents. Un des meilleurs emplois de l'eau se trouve dans la fabrique de persulfate de fer de M. Gros, à Lyon. Les cuves où se fait la réaction du sulfate et de l'acide nitrique sont très-bien installées ; le couvercle en grès qui les ferme est luté avec le plus grand soin ; les vapeurs parcourent successivement 50 bonbonnes, et de là, vont à la cheminée.

(*) Nous apprenons que l'auteur du nouveau procédé, M. Verstraet, est en voie de l'appliquer de nouveau, aux environs de Paris.

La condensation est complète et on ne sent aucune odeur, ni dans les ateliers, ni au dehors. M. Duclos, à Dieppedale-lez-Rouen, a organisé, dans sa fabrique de nitro-benzine, une bonne condensation par les alcalis. Les gaz, après avoir traversé des touries remplies d'acide sulfurique, sont définitivement absorbés dans un conduit souterrain, contenant de la chaux sodée. Chez M. Vedlès, à Asnières, on s'occupait, lors de notre visite, d'améliorer l'absorption en faisant désormais passer les vapeurs sur une solution de soude, et de là, dans un conduit garni de coke, parcouru en sens inverse, soit par un filet de liqueur alcaline, soit par un jet de vapeur d'eau. MM. Guinon, Marnas et Bonnet, à Lyon, reçoivent les gaz dans une tourie et les envoient ensuite dans le foyer. Il en est de même dans la fabrique d'acéto-nitrate de M. Hubert fils, à Sarreguemines. Ces divers moyens donnent tous de bons résultats : c'est avant tout une question de soins dans l'installation des appareils et dans la conduite des opérations.

Il y a quelques préparations, telles que celles de l'arséniate de soude, de l'acide oxalique, etc., où l'action délétère des gaz rutilants peut être amoindrie ou même prévenue par l'emploi de nouveaux procédés; mais ces procédés ne se sont pas encore introduits en France, du moins sur une échelle industrielle. Dans cet ordre d'idées, on a cité à Paris une usine où la fabrication du chromate de plomb avait reçu une amélioration importante : au lieu d'obtenir ce produit par la réaction d'un nitrate sur du fer chromé, on commençait par préparer du chromate de chaux au moyen d'un mélange de chaux et de minerai de chrome, et l'on mettait ensuite le chromate en présence d'un sel de plomb. On évitait ainsi tout dégagement nitreux.

Acide sulfureux. — Les principales sources d'acide sulfureux sont : la fabrication de l'acide sulfurique, la combustion de la houille dans les foyers industriels, et diverses

opérations comme le raffinage du soufre, le grillage des sulfures métalliques, l'affinage des métaux précieux, etc.

Pour l'acide sulfureux émanant des chambres, les procédés ne se distinguent pas de ceux que nous avons indiqués pour les vapeurs nitreuses. Les appareils déjà décrits sont à double fin et ont en vue l'absorption des deux sortes de gaz. Mais le plus sûr moyen d'assainir c'est de diminuer la proportion d'acide sulfureux, en améliorant la combustion des pyrites. Sous ce rapport, de grands progrès ont été faits depuis quelques années : les fours à dalles ont été supprimés et remplacés par des fours à grille du système anglais; l'admission de l'air a été réglée avec plus de soin, et la proportion de soufre perdu, qui atteignait autrefois 25 et même 30 p. 100 du soufre brûlé, ne dépasse pas aujourd'hui, dans la généralité des fabriques, 6 ou 7 p. 100.

L'acide sulfureux provenant de la combustion de la houille n'a été l'objet d'aucun procédé d'assainissement.

En ce qui concerne la troisième source indiquée, nous trouvons divers expédients dans les industries du raffinage du soufre et de l'affinage des métaux. Dans celle du raffinage, pratiquée en grand à Marseille, on s'est efforcé de prévenir les dégagements sulfureux : 1° au moyen des appareils distillatoires perfectionnés que nous avons déjà eu occasion de décrire dans notre rapport sur la Belgique; 2° en emprisonnant la soupape des chambres dans un tuyau à l'extrémité duquel agit un ventilateur qui refoule le gaz dans un appareil de condensation; 3° en purgeant d'air, à l'avance, l'intérieur des chambres, par une combustion préalable de charbon. Dans l'industrie de l'affinage des métaux, la grande fabrique de Mme veuve Lyon-Alemand, à Paris, construite il y a deux ans, est un type remarquable. La totalité des gaz produits par les deux chaudières d'attaque est utilisée pour la fabrication de l'acide sulfurique. A cet effet, les vapeurs acides mélangées à une certaine proportion d'air introduit par un orifice du couvercle, se

précipitent dans un large tuyau qui traverse une caisse à eau, et débouchent dans une chambre de plomb où l'on injecte de la vapeur d'eau et du gaz nitreux. Le courant se rend dans une deuxième chambre, et de là dans une longue galerie ou *traînée* de plomb, divisée de deux en deux mètres par des demi-cloisons alternées, de manière à déterminer une série de zigzags dans la masse gazeuse. Celle-ci traverse ensuite une colonne de $3^m,25$ de haut, garnie de coke constamment mouillé, et débouche enfin dans une cheminée de 45 mètres de haut, au pied de laquelle nous avons constaté l'absence complète d'éléments acides. La capacité des chambres et de la traînée est de 300 mètres cubes; le parcours total du gaz est d'environ 70 mètres. La quantité d'acide sulfurique régénéré est considérable, et les indemnités aux voisins ont cessé, quoique l'usine soit située au sein d'un quartier populeux. Des dispositions analogues, mais beaucoup moins parfaites, sont adoptées chez d'autres affineurs de Paris, par exemple chez M. Martin, à Charonne, où les gaz ont un parcours de 25 mètres et se rendent dans une chambre de plomb divisée en quatre compartiments.

Acide chlorhydrique. — Les dommages à la végétation causés par l'acide chlorhydrique des fours à décomposer le sel marin, ont, à plusieurs reprises, attiré l'attention publique. A Marseille, à Salyndres, à Rouen, à Dieuze, les ravages ont souvent été considérables. Récemment encore, dans cette dernière localité, la population a été fortement émue par des dégagements qui rendaient la contrée presque inhabitable, et qui ont nécessité l'intervention spéciale de l'autorité préfectorale.

Les principes auxquels on s'est arrêté généralement en France pour prévenir l'émission de l'acide dans l'atmosphère, sont les suivants :

Attaquer le sel marin dans des fours complétement à l'abri du contact des flammes;

Condenser le gaz muriatique dans des appareils spéciaux présentant de grandes surfaces d'absorption ;

Dégager le condenseur à l'air libre, au lieu de le faire communiquer à la cheminée, afin de ne pas précipiter la circulation du courant absorbable.

Mais si ce sont là les conditions reconnues les meilleures, il s'en faut de beaucoup que tous les industriels les aient appliquées. Le plus grand nombre fait encore usage des *fours marseillais,* dans lesquels l'acide seul de la cuvette de décomposition ou *bastringue* est préservé des flammes du foyer, tandis que celui de la sole de calcination ou *calcine* est mélangé à ces flammes. La condensation de ce dernier acide s'effectue très-imparfaitement ; aussi, plusieurs usines y renoncent-elles tout à fait, et l'envoient-elles directement à la cheminée. Quelques-unes, même, perdent le gaz de la bastringue ; de ce nombre sont celles de Septême et de Berre (près Marseille), qui n'ont pas l'emploi de leur acide, et qui sont d'ailleurs situées dans des localités où une semblable pratique a moins d'inconvénients. Au total, nous estimons que sur l'ensemble du territoire, une moitié environ de l'acide chlorhydrique échappe à toute condensation.

En tête des établissements qui ont adopté les fours à double moufle, on doit citer ceux de Chauny et de Thann. Quelques autres fabriques, celles de Salyndres, de Dieuze, de Lille, ont essayé ou essayeront très-prochainement les nouveaux fours. Il y a quelque motif d'espérer que l'exemple se propagera et que nous finirons par imiter, sous ce rapport, l'Angleterre et la Belgique.

Les appareils de condensation, très-variés de forme et d'efficacité, peuvent être rangés sous trois types distincts : l'un, que nous appellerons l'ancien système, composé exclusivement de bonbonnes ; l'autre, ou nouveau système, consistant en tours maçonnées de grande hauteur ; et le troisième, ou système mixte, formé à la fois de bonbonnes et de tourilles de dimensions moindres.

Les fabriques de Javel, à Paris, de MM. Maze et Chouillou, à Rouen, sont d'assez bons représentants de l'ancien système. L'acide de la cuvette y parcourt une soixantaine de bonbonnes de 250 à 300 litres de capacité. L'eau qui alimente les bonbonnes suit une marche inverse de celle du gaz, en sorte que les bonbonnes les plus rapprochées du foyer fournissent la solution la plus chargée. L'acide débouche dans chacune d'elles, non au sein du liquide, mais au-dessus de la surface, ce qui, dans ces sortes d'appareils, est le grand obstacle à la condensation. M. Kuhlmann renforce le système par des dispositions additionnelles. A sa fabrique d'Amiens, la batterie, qui ne compte pas moins de 250 bonbonnes, est suivie d'un conduit souterrain garni de craie et d'une cuve où un agitateur brasse du lait de chaux. A son établissement principal de Loos, il envoie le gaz sortant des bonbonnes dans un aqueduc souterrain, de 60 centimètres de large sur $1^{m},20$, où circule un courant d'eau, et dans lequel se rendent également les fumées ammoniacales des fours à charbon d'os. Malgré ces expédients qui augmentent l'efficacité du système, M. Kuhlmann reconnaît lui-même la supériorité des tours anglaises, et il se met en devoir d'en installer dans son usine.

Les nouveaux condenseurs fonctionnent avec beaucoup de succès dans l'établissement de M. Kestner, à Thann, qui en a pris l'initiative en France, depuis plusieurs années. L'usine possède trois tours carrées de 18 mètres de haut, (non compris la couronne), construites en grès des Vosges bouilli dans le goudron. Elles sont pleines de coke, jusqu'aux quatre cinquièmes de leur hauteur. Une pluie d'eau froide tombe continuellement à la partie supérieure, tandis que le gaz la parcourt de bas en haut. L'acide y parvient après avoir traversé cinq cuves en grès, où une première condensation s'effectue. Chaque tour est surmontée d'une petite cheminée débouchant à l'air libre et donnant une issue à une quantité insensible d'acide. Une disposition

analogue existe chez MM. Gayet et Gourjon, à Mazargues. Les tours ont 15 mètres de haut, et $1^m,20$ de côté. L'acide traverse trois cuves de grès avant d'entrer dans la colonne.

Le système mixte se rencontre dans de bonnes conditions à Chauny et à Salyndres. Dans cette dernière usine, le gaz provenant de la cuvette de décomposition traverse soixante-cinq bonbonnes et, à la suite, une colonne de huit mètres de haut, formée de tuyaux en grès goudronné de 70 centimètres de section, et garnie de coke arrosé d'eau. Quant à l'acide de la calcination, il se rend directement à la cheminée.

Ces divers types d'appareils sont inégalement répandus. Le système des tours est encore le moins usité. On peut prévoir, cependant, qu'il ne tardera pas à se substituer aux deux autres : plus simple et d'un entretien plus économique, il donne pour le moins d'aussi bons résultats que le plus parfait d'entre eux.

Hydrogène sulfuré. — Le traitement des eaux du gaz de l'éclairage ne donne plus lieu en France aux importants dégagements d'hydrogène sulfuré qui se produisaient autrefois. Les nouveaux procédés de M. Mallet, consistant à chauffer les eaux avec de la chaux de façon à isoler complétement l'ammoniaque, ont considérablement assaini cette branche d'industrie. Il se forme cependant encore quelques émanations sulfhydriques au moment de la saturation par les acides. Dans la plupart des établissements, notamment dans ceux de la Compagnie parisienne, on se borne à surmonter les cuves de hottes débouchant au-dessus du toit, ce qui est tout à fait insuffisant. A l'usine à gaz de Saint-Sever (Rouen), on a recouvert la cuve d'un chapeau en plomb, qui permet d'envoyer les vapeurs sous le cendrier.

Une autre source d'hydrogène sulfuré, qui deviendra

très-importante, si la pratique sanctionne les expériences actuellement en cours, est le traitement des marcs de soude par les liqueurs chlorhydriques. A Dieuze, où l'on s'occupe tout particulièrement de la question, on s'attache à brûler ce gaz, en présence d'une quantité d'air assez faible pour que l'hydrogène seul soit oxydé et que le soufre se précipite en totalité. C'est une opération très-difficile à mener en grand ; aussi les appareils destinés à la réaliser ne sont-ils pas encore assez bien fixés pour qu'il y ait lieu de les décrire.

Fumées plombeuses. — Les usines où l'on fond le plomb dégagent des fumées qui, par la proportion plus ou moins grande de plomb qu'elles contiennent, peuvent être très-nuisibles au voisinage. Un des établissements où l'on a pris les meilleures précautions pour retenir la totalité du métal, est celui de MM. OEschger, Mesdach et Cie, à Biache Saint-Vaast. Les ateliers sont parcourus souterrainement par une galerie de 1^m^,20 de large sur 1^m^,75 de haut (Pl. XII, *fig.* 1), qui reçoit, chemin faisant, les flammes de tous les foyers, et aboutit à une cheminée de 2 mètres de diamètre à la base et 52 mètres de haut. Avant son déboucher, la galerie se renfle en une chambre de condensation, longue de 14 mètres, large de 8 et haute de 2, divisée en quatre compartiments par des cloisons qui forcent les fumées à circuler alternativement de bas en haut et de haut en bas. Le développement total de cet ouvrage souterrain est de près de 250 mètres. Il condense les vapeurs plombeuses avec une grande puissance, au point qu'à l'époque où l'on traitait annuellement 5.000 tonnes de minerai du Chili, contenant environ moitié de plomb, on retirait de l'appareil 60 tonnes de crasses, renfermant 15 tonnes de métal, soit près des deux tiers de 1 p. 100 du plomb total passé aux fourneaux. C'était un sérieux bénéfice pour l'usine : aussi se proposait-on de doubler le développement, ce qui aurait sans

doute permis de retirer encore 6 ou 7 tonnes de métal. Mais les nouveaux traités de commerce, en restreignant les opérations de l'usine, ont fait renoncer à ce projet.

M. Lepan, à Lille, qui fabrique les tuyaux de plomb sur une grande échelle, mais qui ne traite pas les minerais, a reconnu cependant l'opportunité d'adapter aux chaudières de fusion un appareil condensateur. A cet effet, il a ménagé près du massif des chaudières à vapeur, et en communication avec le cendrier, une chambre souterraine de 4 mètres de long, 3 mètres de large et 1^{m},50 de haut, dans laquelle aboutissent tous les tuyaux d'échappement des hottes qui recouvrent les chaudières. Cette disposition, quoique fort simplifiée, paraît suffire aux nécessités moindres de cette exploitation.

Huiles minérales. — La fabrication des huiles minérales a pris une grande extension. On les obtient avec l'huile de pétrole, le bog-head d'Écosse, le goudron de houille. La distillation de ces matières donne des produits volatils d'une odeur fort incommode. Mais ici l'intérêt du fabricant est d'accord avec ceux de l'hygiène pour faire rechercher une bonne condensation. Aussi la proportion des vapeurs perdues est-elle en général peu considérable. Toutefois, quelque soin qu'on y apporte, certains gaz, tels que l'hydrogène sulfuré, mêlés aux essences proprement dites, échappent à la condensation. Dans les usines bien tenues, on ne les laisse point dégager dans les ateliers. Chez MM. Évrard, Paix et Cie, à Courchelettes (Pas-de-Calais), on les fait passer à travers un deuxième condenseur, qui en réduit beaucoup la quantité; de plus, le récipient où tombent les liquides ainsi obtenus, est hermétiquement clos et est muni au couvercle d'un tube de dégagement qui s'élève au-dessus de la toiture. Dans quelques établissements tels que celui de MM. Knab et Cie, à la Marquette (Haute-Garonne), le tube débouche sous le foyer de l'ap-

pareil distillatoire, avec interposition d'une caisse à eau pour empêcher la propagation du feu.

Il se produit aussi des odeurs désagréables, au moment du déchargement des alambics et de l'extinction des résidus. Pour éviter d'ouvrir les appareils, MM. Évrard et Paix extraient le brai avec une pompe qu'on introduit dans un orifice fermant à vis, ménagé à cet effet. A Dieppe, MM. Robert, Galland et Cie ont fait usage, pour la distillation du bog-head, de cornues verticales se déchargeant, par la partie inférieure, dans une sorte de souterrain, d'où les vapeurs sont appelées dans une cheminée spéciale.

Un danger plus grand que celui des mauvaises odeurs, est le danger d'incendie. Il n'est pas inutile de relater quelques bonnes dispositions prises dans certains établissements. A Courchelettes, un premier soin consiste à enterrer les barriques de pétrole, dès leur arrivée. Le magasin est ainsi remplacé par une aire de terre meuble, au sein de laquelle les fûts sont déposés et soustraits au contact de l'air. On les retire un à un, au fur et à mesure des besoins. Les alambics distillatoires, dans la même fabrique, sont parfaitement agencés. Enfermés jusqu'à mi-hauteur dans un massif en maçonnerie, ils s'étendent sur tout un côté long d'une chambre spéciale, isolée à la fois des appareils de condensation et des foyers. Ceux-ci ouvrent dans une galerie voûtée qui règne en contre-bas des alambics, parallèlement au massif. C'est exclusivement par là que se fait le service des grilles et que l'air est fourni à la combustion. Si un alambic venait à crever, les huiles se répandraient dans la galerie. Aussi les mesures sont-elles prises pour que les deux extrémités de la galerie puissent être fermées instantanément en cas de sinistre. Tout afflux d'air manquant au foyer, l'incendie s'éteindrait bientôt de lui-même. Cette disposition est complétée par la présence d'un tube de vapeur qui permettrait de créer promptement

une atmosphère artificielle dans l'ensemble du local clos de toutes parts. Inutile d'ajouter que l'éclairage, dans les divers ateliers, a lieu à travers des châssis vitrés. Des précautions recommandables, quoique moins complètes, ont été prises par M. Daniel dans la fabrique qu'il vient de faire construire à Mazargues. Le chauffage et l'éclairage sont dans de bonnes conditions d'isolement; les lampes, séparées par une glace épaisse, sont logées dans l'épaisseur du mur et envoient leur fumée au-dessus du toit, par un petit conduit ménagé dans la maçonnerie. Entre la grille et le fond des alambics s'étend une table horizontale, de manière à préserver ceux-ci du rayonnement direct du combustible.

Une amélioration d'un autre genre et plus radicale a été réalisée dans le département du Nord par M. G. Dehaynin. Les goudrons sont distillés dans ses usines, non plus à feu nu, mais à la vapeur employée extérieurement comme chauffage et intérieurement en barbottage. Cette vapeur, même à haute pression, serait insuffisante, si elle agissait seule, pour opérer la distillation des produits; mais une pompe pneumatique maintient dans tout l'appareil un vide assez parfait pour faciliter notablement cette distillation. Les produits inégalement volatils sont d'ailleurs condensés dans des vases spéciaux, comme par le procédé ordinaire. Toute chance d'incendie est ainsi écartée de l'opération la plus dangereuse.

La préparation des mastics se rattache naturellement à cette industrie. Les vapeurs dégagées pendant la cuisson sont âcres et pénétrantes. Jusqu'ici, le seul moyen employé consiste à les lancer dans le foyer. Chez M. Knab et Cie, à Ivry, les chaudières sont surmontées d'une calotte mobile, débordant de 30 centimètres environ le rebord des chaudières. Sauf pendant la période du chargement et celle du brassage, qui durent moyennement un quart d'heure chacune, la calotte est abaissée sur la chaudière et emprisonne en même temps un orifice ménagé dans le massif,

par lequel les vapeurs vont sous la grille. Mais comme on n'a interposé ni caisse à eau ni toiles métalliques, il arrive de temps en temps des explosions.

Gaz des fours à chaux, à ciment, à coke, etc. — La première question qui se présente en abordant ce sujet est celle qui a été posée par le Comité consultatif des Arts et Manufactures : « Les gaz de pareils fours sont-ils nuisibles « à la végétation ? »

Ces gaz peuvent agir de deux manières : 1° Par la haute température à laquelle ils sont portés ; 2° par les éléments nuisibles qu'ils contiennent. En tant que gaz chauds, il ne paraît pas qu'ils aient jamais produit des effets bien sérieux. « L'expérience prouve tous les jours que les fours à chaux « établis à de faibles distances ne nuisent en rien aux ar- « bres, » dit le conseil central d'hygiène du Nord. Nos propres observations en divers lieux confirment cette assertion : nous avons vu souvent une végétation luxuriante autour des fours à chaux ou des fours à briques ; nulle part nous n'avons reconnu qu'elle ait été compromise par leur voisinage (*).

Quant à l'action que ces gaz peuvent exercer par suite de leur composition chimique, des faits nombreux, dont quelques-uns étudiés avec soin, ont donné à croire à diverses personnes que cette action, à peu près insensible sur la plupart des végétaux, est au contraire fort appréciable sur les vignes, et quelquefois jusqu'à 6 ou 800 mètres de distance, non pour nuire extérieurement à leur pousse, mais pour

(*) Il y a cependant des cas où par suite du concours de certaines circonstances la végétation doit subir des atteintes. « Le maximum « de dommage aurait lieu, nous disait M. Chevreul, si les gaz chauds « des fours venaient frapper la face *inférieure* des feuilles : ils agi- « raient alors non pour brûler mais pour *dessécher* ces feuilles. » Pour que cette éventualité se produise, il ne suffit pas que les fours soient rapprochés des plantes : il faut aussi que leurs fumées se dégagent à un niveau moins élevé.

communiquer aux raisins et au vin un goût désagréable (*). C'est là une opinion générale en Bourgogne, aussi les fours y sont-ils en chômage pendant la floraison et les deux ou trois mois qui suivent. Plusieurs départements, le Rhône, la Loire-Inférieure, Vaucluse, etc., se sont rangés à cette manière de voir, en l'appuyant de preuves qui lui donnent de la consistance. Il n'y a pas longtemps que le tribunal de Lyon condamnait, après enquête, un chaufournier de Virieu-le-Grand à des indemnités envers quarante propriétaires de vignobles. Nous donnons à la Note *e* le récit de cette enquête qui nous a paru instructive.

Ce que nous avons vu de plus saillant en fait de fours à chaux, est le système dit fumivore de M. Bidreman, à Lyon. Le conseil d'hygiène du Rhône le juge avec une grande faveur : « Grâce, dit-il, à un progrès qui s'est accompli dans « l'art du chaufournier, les fours à chaux pourront n'être « plus soumis à des règles si rigoureuses (le chômage). Un « système nouveau, en les rendant fumivores, les innocente « désormais. » Beaucoup d'industriels de la ville et des environs font usage de ces appareils. Nous avons vu ceux que l'inventeur avait fait construire à Vaise, passés aujourd'hui entre les mains de M. Vurpas. Ils donnent très-peu de fumée et d'odeur ; en un mot, ils sont à peu près exempts d'inconvénients pour le voisinage, et quoique au sein d'un quartier populeux, ils ne soulèvent aucune réclamation. L'inventeur est parti de ce principe que la fumée des fours à chaux, abstraction faite de la nature du combustible, dépend surtout de la conduite du feu. Quand le tirage manque dans la première période de la cuisson, quand l'échauffement est inégal dans la masse, deux circonstances habi-

(*) Il n'est pas étonnant qu'en Angleterre, on ait admis la parfaite innocuité de ces gaz sur les végétaux. (Voir notre précédent rapport sur ce pays.) Cela tient à ce que la seule plante sur laquelle on ait cru ailleurs constater une fâcheuse influence, la vigne, manque précisément au climat anglais.

tuelles dans les foyers ordinaires, il se produit nécessairement de la fumée. En conséquence, M. Bidreman s'est attaché à donner à ses appareils une forme plus rationnelle, imitée de celle des hauts fourneaux. C'est un ovoïde allongé. d'une capacité de 18 mètres cubes, ayant 2^m^,50 de diamètre à la partie la plus large et 1^m^,25 au gueulard. La paroi intérieure est formée de briques ordinaires et est revêtue à l'extérieur d'une chemise en maçonnerie, ce qui porte l'épaisseur totale à 1 mètre au minimum. Le gueulard est exactement fermé par un couvercle en fonte. Les gaz se rassemblent dans un carnau annulaire percé d'ouvreaux, qui règne au-dessous du couvercle dans la maçonnerie, et de là sont portés dans une cheminée qui débouche à 12 mètres plus haut, soit à une élévation totale de 27 mètres audessus du sol. L'ouverture latérale, destinée à l'extraction de la chaux cuite, est également fermée par un volet en fer. La cuisson est continue : la charge s'effectue deux ou trois fois en vingt-quatre heures, et se compose d'un mélange mouillé de pierres calcaires et de combustible menu. M. Vurpas emploie de la houille moyennement fumeuse : la fumée n'est apparente qu'au moment du chargement, et pendant quelques minutes à peine. Cet industriel nous a assuré que ces fours lui donnaient en outre une grande économie de charbon, soit près de 40 p. 100.

La fabrication du ciment Portland qui, depuis quelques années, a pris en France du développement, donne lieu à des fumées très-désagréables lorsque les matières premières sont d'une nature limoneuse, comme certaines argiles fétides qu'on trouve aux environs de Guétary (Basses-Pyrénées). Le premier moyen d'assainissement consisterait donc, si on le pouvait, à employer de préférence des matières moins impures, telles, par exemple, que les marnes du terrain crétacé, dont se servent MM. Demarle et Cie, à Boulogne. Mais, même avec ces dernières, on se trouve encore en présence d'inconvénients analogues à ceux du

chaufournage, quand les appareils ne sont pas établis dans des conditions convenables. Ceux de MM. Demarle peuvent être recommandés comme réalisant un bon tirage et permettant d'effectuer la combustion à une température qui diminue beaucoup l'intensité des fumées (Pl. XIII, *fig.* 3). Chaque four est composé de deux parties : la moitié inférieure, de forme cylindro-conique et haute de 7^{m},50, reçoit les fragments de pâte séchée et le coke; la partie supérieure ou dôme, de 5 mètres de haut, complète le réverbère et forme au-dessus des matériaux une chambre de combustion qui assure une élévation convenable de température. Le dôme est surmonté d'une cheminée de 2^{m},50 de haut. L'usine de MM. Demarle, qui emploie 7 ou 8 de ces fours, fonctionne aujourd'hui sans provoquer aucune plainte. Elle avait occasionné d'abord une insalubrité particulière, dont on est resté quelque temps sans découvrir la cause. Elle inondait la vallée de la Liane et une portion de Boulogne d'un brouillard blanchâtre très-tenace, d'une saveur acide et piquante. Analyse faite, on trouva que ce brouillard était en partie formé de sel marin volatilisé et maintenu dans l'air à l'état globulaire, auquel se joignaient des poussières diverses et un peu d'acide chlorhydrique libre. Ces éléments provenaient de l'eau de mer, dont on faisait usage pour délayer la pâte et éteindre le coke. Aussi, depuis trois ans, qu'on a prescrit l'emploi de l'eau douce, cette incommodité a disparu.

Rien de particulier à dire sur les fours à briques et les fours à coke. En ce qui concerne ces derniers, le grand moyen d'assainissement a consisté jusqu'ici à faire dégager les fours dans des cheminées élevées. C'est la solution qui a été imposée, par exemple, aux nombreux fours à coke qui incommodaient la ville de Saint-Etienne. A Alais, on a essayé, il y a quelques années, une nouvelle industrie qui consistait à condenser divers éléments contenus dans les fumées. Il en résultait indirectement un progrès sanitaire, mais cette

industrie n'a pas pris une grande extension : il ne paraît pas que l'opération soit très-lucrative.

2° Gaz provenant du traitement des matières organiques (*)

Distillation des bois. — Cette opération, effectuée généralement en vue d'obtenir l'acide pyroligneux, donne lieu à des produits gazeux assez complexes, les uns délétères, les autres simplement à odeurs désagréables. Les moyens employés pour en préserver le voisinage consistent à la fois dans la condensation et la combustion.

La fabrique de M. Boyer, à Grenelle (ancienne maison Boutin et Cie), est une de celles où les précautions sont les plus complètes. L'appareil distillatoire est formé de cinq à six chambres en tôle de 1m,50 de long sur 0m,60 de large et autant de haut, destinées à recevoir le bois. Les vapeurs sortent par une ouverture supérieure et se rendent dans un très-long tuyau en cuivre, appendu le long des murs de l'atelier, dans lequel se fait la condensation. A l'extrémité de ce tuyau, les gaz non condensés, oxyde de carbone, hydrogène carboné, etc., sont ramenés dans le foyer, où ils économisent une grande quantité de combustible. Chez M. Camus, à Ivry, le bois est enfourné dans de grands cylindres mobiles d'une contenance de 10 à 11 stères, qu'on manœuvre à la grue et qu'on loge verticalement dans de grands fours. Au-dessus de ces appareils règne une grande hotte conique surmontée d'une cheminée pour dégager les fumées et les vapeurs qui s'échappent des cylindres, surtout au moment de l'entrée et de la sortie. Les gaz provenant de la distillation sont d'ailleurs condensés et brûlés comme chez M. Boyer. Chez M. Hardel, à Dieppe-

(*) Nous comprenons sous la dénomination générique de *gaz*, non-seulement les gaz proprement dits, mais aussi toutes les vapeurs, plus ou moins définies, qui s'exhalent pendant le travail des matières organiques.

dale-lez-Rouen, la perte de ce gaz est réduite au minimum. Le réfrigérant est pourvu d'une abondante circulation d'eau, et le tuyau d'échappement débouche dans un cendrier, qu'on entr'ouvre juste ce qu'il faut pour fournir le complément d'air nécessaire à la combustion. Aussi ne sent-on aucune fuite de gaz dans l'atelier.

A cette opération se rattache la torréfaction de l'acétate brut, laquelle a, comme on sait, pour objet de dépouiller ce sel des matières goudronneuses dont on n'a pas réussi à priver complétement l'acide pyroligneux par des distillations multipliées. Le meilleur moyen d'assainissement consiste à enlever préalablement, par la voie humide, la plus forte portion possible de goudron. Ce résultat est d'ailleurs tout en faveur du fabricant; car, ainsi que le fait remarquer justement M. Bouchardat, il facilite l'opération délicate de la fusion de l'acétate. M. Boyer a soin de purifier ses sels par des lavages et un égouttage forcés, dans un appareil à force centrifuge semblable à celui qui est en usage dans les sucreries et les raffineries de sucre.

Gélatine, colle forte, graisse, suifs, etc. — Dans la préparation de ces matières et de plusieurs autres du même genre, il se développe pendant la période d'ébullition des odeurs nauséabondes, dues à ce que les viandes ne sont pas suffisamment fraîches. La fabrique de gélatine et de colle forte de M. Coignet, à Saint-Denis, montre ce qu'on peut obtenir en fait d'assainissement, avec des soins et de la propreté, sans qu'il soit nécessaire de recourir à des dispositions compliquées. Nous ne croyons pas, en effet, qu'il existe un autre établissement où la préparation de ces produits excite aussi peu la répugnance. Les appareils sont presque dissimulés aux regards, et aucune odeur ne trahit la présence des matières animales. L'ébullition a lieu dans des chaudières autoclaves, chauffées à la vapeur, à près de deux atmosphères. L'opération finie, on ouvre un tube

abducteur, dans lequel la pression refoule la gélatine liquide et la renvoie à des bâches situées quelques mètres plus haut. Des tuyaux de distribution conduisent de ces bâches aux appareils de concentration, dans lesquels la gélatine est transformée en colle forte. Ce sont des caisses rectangulaires découvertes, parcourues horizontalement par un réseau de tubes à vapeur appliqués sur le fond, et surmontées de hottes en bois. Celles-ci, parfaitement ajustées, descendent très-bas sur les appareils, qu'elles recouvrent exactement, et débouchent au-dessus du toit à une quinzaine de mètres d'élévation. Tout cela est propre, soigné, bien entretenu, et rappelle aussi peu que possible l'industrie qui y est exercée.

Le même mode de cuisson, dans les chaudières autoclaves à la vapeur, commence à se généraliser pour l'extraction des graisses et des suifs. Ainsi, à l'abattoir municipal d'Aubervilliers, les chevaux dépecés sont chargés dans des cylindres à double fond, dans lesquels on fait arriver de la vapeur à trois atmosphères et au delà. Chaque cylindre contient sept, huit, et même dix chevaux; on chauffe pendant cinq ou six heures. Les liquides se rassemblent entre les deux fonds et sont recueillis par un robinet placé à la partie inférieure. Les odeurs ne se dégagent qu'accidentellement par les soupapes, pendant la cuite et au moment du déchargement; mais l'incommodité est beaucoup moindre que dans les appareils chauffés à feu nu. Il y a toutefois à remarquer que si le dégagement accidentel par les soupapes est peu considérable dans des établissements aussi bien conduits que celui d'Aubervilliers, on ne saurait en dire autant de la plupart des usines privées; les couvercles ne tardent pas à se déformer par les chocs violents qu'ils reçoivent dans les manœuvres répétées, et les chaudières finissent par fonctionner réellement à simple pression, par suite de l'échappement continu de la vapeur à travers les joints des couvercles. En outre, il est des cas

où ce moyen d'assainissement ne saurait convenir, du moins sans modifications, quand, par exemple, il faut brasser les matières, ou quand on veut avoir des suifs tout à fait exempts des odeurs que leur communique toujours ce mode de cuisson. On recourt alors à d'autres dispositions. Ainsi à la fabrique de graisses industrielles de M. Évrard, à Douai, la cuve dans laquelle s'effectue la combinaison des matières, et d'où se dégagent des vapeurs très-odorantes au moment de la saponification, est surmontée d'un couvercle demi-cylindrique en fonte, mobile autour de charnières, et qu'on ouvre plus ou moins selon les besoins. Ce couvercle est percé d'un orifice par lequel les vapeurs sont entraînées sous le foyer des générateurs. A l'extrémité du tuyau, un jet de vapeur agit à la manière de l'*échappement* dans les locomotives, pour activer l'aspiration. Pendant la plus grande partie de la cuite, la cuve reste fermée. Au moment du brassage le couvercle est légèrement soulevé, mais une toile se rabat sur la fente, de manière pourtant à laisser le ringard de l'ouvrier passer et circuler librement.

Dans les fonderies de suif, on adapte à la chaudière autoclave un condenseur spécial dans lequel les vapeurs odorantes viennent se réunir. Un des appareils les plus usités est celui de M. Fouché (Pl. XII, *fig.* 3), qui consiste essentiellement en deux vases communiquants de grandeur très-inégale. Le plus grand compartiment, ou chaudière proprement dite, a moyennement 1^{m},60 de diamètre sur 1^{m},10 de haut; tandis que le plus petit ou condenseur a 0^{m},25 de diamètre sur 0^{m},50 de haut. Ce dernier est aux deux tiers plein d'eau. On la renouvelle de temps en temps, à mesure que les vapeurs émanant de la chaudière et venant en partie s'y absorber, la chargent d'éléments plus ou moins fétides. On reproche à cet appareil de ne pas assez favoriser la condensation, et de faire dissoudre une partie des mauvaises odeurs par le suif lui-même. Aussi M. Moquet, qui dirige

avec beaucoup d'intelligence l'importante fonderie de Madame Vve Touchais fils et Cie, à Nantes, y a-t-il apporté des modifications importantes, dont il se montre également satisfait au point de vue de l'hygiène et de la qualité des produits (Pl. XII, *fig.* 2). Le principe est resté le même, en ce sens que l'autoclave communique toujours avec un condenseur. Mais celui-ci est formé par un grand tonneau, d'une capacité décuple, rempli d'eau, au fond duquel plonge le tube de dégagement. Le couvercle ou chapeau en entonnoir, exactement vissé, est pourvu à son centre d'un petit tuyau débouchant à la cheminée des foyers. Les vapeurs, qui après avoir traversé l'épaisseur du liquide du tonneau ont échappé à la condensation, se rassemblent sous le couvercle et rencontrent, avant de s'engager dans le tuyau de sortie, une pomme d'arrosoir qui les rabat dans le tonneau. Par ces diverses précautions, toute odeur est supprimée.

En résumé, les conditions qui paraissent assurer la désinfection de ces diverses industries sont : 1° l'emploi de matières non fermentées; 2° la substitution de la vapeur au feu nu; 3° le chauffage en vase clos; 4° la mise en communication des chaudières avec un bon condenseur ou un foyer, ou mieux encore avec l'un et l'autre successivement. La simple combustion ne paraît pas, en effet, toujours suffisante pour détruire les vapeurs très-âcres du suif, particulièrement quand elles sont produites par le chauffage à feu nu. Témoin l'usine de M. Arlot et Cie, à la Villette, où quinze chaudières enfermées dans une galerie en maçonnerie envoyaient toutes leurs vapeurs à travers un feu de coke, d'où elles se rendaient dans une cheminée de 33 mètres. De l'aveu des industriels eux-mêmes, la destruction des odeurs n'était pas complète, et l'on a dû dans ces derniers temps recourir au chauffage à la vapeur.

Un autre détail de fabrication qui se rattache à l'extraction des graisses et qui est souvent une cause grave d'insalubrité, c'est la séparation du suif contenu dans les eaux de

cuisson des viandes. On sait que ces eaux, exprimées à l'aide de la presse hydraulique, sont abandonnées dans des tonneaux ou dans des cuves pour permettre au suif de se séparer par le repos. Il est rare qu'il ne se produise pas alors des émanations désagréables, dangereuses même, car elles résultent ordinairement de la putréfaction des matières organiques. On a proposé récemment de prévenir cette fermentation en enduisant les parois des cuves avec du goudron, du coaltar saponiné, ou d'autres substances contenant également de l'acide phénique. M. le Dr Lemaire, qui a été en France un des promoteurs les plus actifs de ce corps remarquable, a déterminé d'heureuses améliorations à l'établissement de MM. Barrault, Couvreur et Fazillau, à la Courneuve. Au moyen d'une faible couche de coaltar, ces industriels ont désinfecté presque entièrement leurs eaux de pression provenant de toutes espèces de détritus de la boucherie de Paris. Leurs réservoirs souterrains, contenant 100 mètres cubes, n'ont plus présenté qu'une odeur à peu près insensible. M. Lemaire assure que les résultats seraient plus complets encore si au lieu d'agir sur les eaux de cuisson, on plongeait pendant une heure les matières crues dans de l'eau phéniquée ou dans de l'eau de goudron. Les liquides provenant de débris ainsi désinfectés seraient, dit-il, inodores (1).

Bougies stéariques. — Cette industrie, comme toutes celles où l'on traite des matières animales, peut être considérablement assainie par des soins et de la propreté. C'est en opérant sur des matières fraîches, en ayant des appareils bien nettoyés, en aérant les locaux, en prévenant, en un mot, toutes les causes de fermentation putride, qu'on ar-

---

(1) *De l'Acide Phénique*, par M. le Dr Lemaire, 2e édition, 1865. Cet ouvrage contient de très-intéressantes indications sur les services que peut rendre l'acide phénique en matière d'assainissement.

rive à diminuer beaucoup les inconvénients. La fabrique de MM. Leroy et Durand, à Gentilly, celle de M. Foulquier, à Villodève (Hérault), en offrent des preuves frappantes. Mais il reste, malgré tout, certaines causes d'insalubrité qu'on ne peut faire disparaître entièrement sans l'emploi de procédés spéciaux. Telles sont celles qui se rattachent à la saponification et à la distillation.

Dans la plupart des usines, la saponification, soit à la chaux, soit aux acides, s'effectue dans des cuves découvertes. Il en résulte des odeurs désagréables, accompagnées, dans le second cas, d'un fort dégagement d'acide sulfureux. Chez M. de Milly, à Paris, la saponification à la chaux a été assainie par une nouvelle méthode due à cet industriel distingué. Les suifs sont chargés avec le lait de chaux dans des autoclaves, où l'on fait arriver de la vapeur à huit ou neuf atmosphères. Cette haute température permet de réduire beaucoup la proportion de chaux employée, et dispense en outre d'effectuer le brassage du mélange. Aucune odeur ne peut donc s'échapper au dehors pendant que la saponification s'accomplit. Une fois la réaction terminée, et à la faveur de la pression qui règne dans l'autoclave, on écoule successivement par deux robinets de vidange la glycérine et les savons calcaires. Bien que les cuves où l'on envoie ces produits soient découvertes, il ne se produit à ce moment, non plus que pendant la décomposition des savons qui y fait suite, aucune odeur incommode, pourvu que la saponification ait été bien exécutée.

Les odeurs engendrées par la saponification aux acides dépendent beaucoup de la manière dont l'opération est conduite. M. de Milly met ses soins à ce que le suif et l'acide sulfurique se trouvent dans les proportions exactement voulues pour la réaction, et à ce que l'acide soit en même temps à l'état de concentration convenable. A cet effet, les suifs fondus sont entreposés dans des bâches à l'étage supérieur, et de là on les fait couler dans des tuyaux,

conjointement avec la quantité calculée d'acide sulfurique. On évite ainsi la destruction de matière organique et le dégagement sulfureux qu'entraînerait, par exemple, l'émission directe de l'acide sulfurique au sein du suif fondu, contenu dans les cuves. Mais l'habileté la plus consommée n'évite pas entièrement la production des odeurs. Chez M. Guéritault, à la Piaudière, près Nantes, où l'on emploie la même méthode, on a en outre la précaution de faire arriver le mélange réagissant dans des cylindres parfaitement clos, munis d'un tuyau qui envoie les gaz dans la cheminée principale, haute de 35 mètres.

La distillation, dans les fabriques bien menées, ne donne lieu qu'à une très-faible proportion d'acide gras non condensé, attendu qu'il est de l'intérêt du fabricant de rendre la condensation aussi parfaite que possible. Elle ne doit non plus donner lieu, si la saponification a été bien réussie, qu'à une quantité insensible d'acroléine. Ces vapeurs sont, les dernières surtout, de nature très-incommode. M. Guéritault a adopté une disposition analogue à celle que nous avons décrite pour les huiles minérales. Le tuyau qui amène les liquides condensés se bifurque à son extrémité; la branche inférieure plonge dans le bac, et est ainsi privée de communication avec le dehors; la branche supérieure se relève, traverse une caisse à eau, où elle abandonne, par une condensation nouvelle, la majeure partie des vapeurs qu'elle amène, et de là se rend à la cheminée où se perdent les derniers restes de gaz.

Savons. — Nous avons peu de choses à dire de cette industrie. Les odeurs auxquelles donnent lieu les diverses phases de la saponification et de la cuite, sont faiblement incommodes pour le voisinage. Les inconvénients sont même à peu près nuls dans les établissements bien dirigés. La seule particularité que nous ayons à citer est la saponification en vase clos, inaugurée par MM. Guinon, Marnas et

Bonnet à Lyon, et pratiquée sur une assez grande échelle par ces industriels. Il nous est d'ailleurs interdit de donner des détails sur cette opération, tenue secrète par les inventeurs.

Les fabriques de Marseille, accumulées dans certains quartiers de la ville (*), les infectent d'odeurs tout à fait indépendantes de la saponification et de la cuite proprement dites, mais qui se lient intimement au mode adopté de tout temps par l'industrie marseillaise. Nous voulons parler de l'emploi des soudes brutes ou des soudes non débarrassées de leurs marcs par lixiviation. Chaque savonnier tient à avoir la soude sortant du four et à faire lui-même le départ des matières étrangères. Il résulte de cette tradition, que nous n'avons pas à apprécier au point de vue de la fabrication, que les savonniers offrent en petit les inconvénients des fabriques de soude. Les marcs entreposés dans chaque maison, bien qu'il soit prescrit de les enlever quotidiennement, développent les odeurs sulfureuses caractéristiques de ces résidus, et produisent dans les rues une véritable infection.

Charbon d'os, révivification du noir animal. — On fabrique ordinairement le charbon d'os dans des marmites ou pots en fer qu'on empile les uns au-dessus des autres dans de grands fours, et qu'on en retire quand l'opération est terminée. Les gaz provenant de la calcination des os se mélangent aux flammes du foyer, en économisant ainsi du combustible, et se rendent avec elles dans la même cheminée. Ce procédé est très-incommode pour le voisinage, parce que la destruction des vapeurs organiques est toujours incomplète. Un premier perfectionnement, qu'on trouve chez

(*) Par exemple, dans la rue Sainte, où presque chaque maison recèle au rez-de-chaussée ou dans le sous-sol une fabrique de savon.

M. Coignet, à Saint-Denis, consiste à avoir un feu supplémentaire sur lequel on fait passer les fumées du four pour achever de les brûler. Mais même dans ces conditions, les gaz envoyés à la cheminée conservent de très-fortes odeurs.

Une méthode bien préférable est employée par MM. A. Baudesson et P. Houseau, dans leur fabrique des Trois Piliers, près de Rheims. Les os sont chargés dans des cornues fermées analogues à celles du gaz de l'éclairage, distribuées entre trois fours, à raison de 5 par four. Chaque cornue peut débiter 100 kilog. de noir en 24 heures. Les gaz se réunissent dans un même tuyau et traversent successivement 3 chaudières pleines d'eau dans lesquelles se condensent l'ammoniaque et divers produits empyreumatiques. L'excédant est dirigé sous les grilles des fours. Les eaux de condensation sont utilisées pour la fabrication du chlorhydrate d'ammoniaque. On sent très-peu d'odeurs sous le vent de la cheminée. La condensation est également employée chez M. Leroux, près Nantes, pour les gaz qu'engendre la torréfaction des cornes et des os destinés à l'engrais artificiel. Le torréfacteur enfermé dans un four tourne au milieu des flammes ; un tuyau placé dans l'axe conduit les gaz au sein d'une cuve à eau, mais la portion non condensée, au lieu de faire retour au foyer, est envoyée à une cheminée de 35 mètres.

Un détail de fabrication qui est une source de désagréments pour les ouvriers et pour les voisins, c'est le défournement des marmites. Cet inconvénient disparaît avec les nouveaux fours du système Brison, qui commencent à se propager dans l'industrie. On en peut voir des bonnes applications chez M. Polton, à Paris, chez M. Dupleix, à Bordeaux, chez M. Pilon fils, à Nantes, etc. L'appareil Brison (Pl. XIII, *fig.* 1 et 2) est composé d'une série de cornues ovales, en terre réfractaire, d'une capacité moyenne de 2 hectolitres environ, à demeure dans un four, et juxtaposées verticalement de manière à conserver entre elles un espace libre qui per-

met aux flammes de les entourer. La partie centrale des cornues est seule engagée dans l'intérieur du four, de sorte que les extrémités restent facilement accessibles. On charge par le haut, et l'on referme aussitôt. Lorsque la matière a subi l'action de la chaleur, on décharge par le bas et instantanément, en faisant jouer une soupape au moyen d'un levier extérieur. Le noir est reçu dans un étouffoir disposé au-dessous et en dehors du massif du fourneau. Dès que la cornue est vidée, la soupape se referme spontanément, à l'aide d'un contre-poids. Il n'y a donc, dans cette opération, ni odeur répandue, ni perte de temps.

Les industriels qui emploient cet appareil disent aussi qu'il procure une grande économie de combustible. M. Polton emploie un four de 12 cornues disposées en 9 rangées parallèles, à droite et à gauche de la grille. La chambre à brûler les gaz de la calcination, faisant suite à la grille, s'étend entre les deux rangées. Les gaz s'échappent des cornues, à travers les interstices de la plaque de fond, et pénètrent dans la chambre, au moyen d'orifices ménagés dans le couloir où aboutissent les pieds des cornues. Ils rencontrent ainsi directement les flammes du foyer, et se brûlent mieux que dans les fours à marmites. M. Polton assure que l'économie de combustible est de plus de moitié. Ce système a en outre l'avantage de se prêter au mode de condensation adopté par MM. Baudesson et Houseau. Au lieu de laisser les gaz arriver directement au contact des flammes, rien de plus facile que de les amener à un réfrigérant, en les recueillant, soit dans le couloir, soit dans chaque cornue.

La révivification donne lieu à des inconvénients analogues, quoique moindres. Ces inconvénients dépendent beaucoup de la manière dont le lavage est effectué. Ordinairement, on opère trop vite, parce que les raffineurs, n'aimant pas à avoir une grande quantité de noir en roulement, sont toujours pressés de reprendre celui qui vient de servir. On lave

alors quelquefois en 10 minutes, comme chez M. Lebaudy à la Villette, chez M. Say, à la gare d'Ivry, etc., au moyen d'une vis d'Archimède faiblement inclinée, dans laquelle le noir remonte, tandis que l'eau descend. On passe ensuite au four à révivifier. Chez M. Sommier, voisin de M. Lebaudy, le lavage est beaucoup plus complet. Le noir est d'abord mis à fermenter dans des cuves où il reste 2 ou 3 jours; une partie de la matière organique se détruit, et, en outre, les fragments sont rendus bien plus pénétrables à l'action de l'eau. Pour accroître ce dernier effet, et briser davantage la croûte terreuse ou calcaire qui recouvre les grains de noir, on fait arriver dans les cuves un jet de vapeur à 2 atmosphères emprunté au générateur. On procède enfin au lavage proprement dit, après quoi, le noir est envoyé aux fours. M. Kuhlmann, à Loos, qui révivifie pour un grand nombre de raffineurs, profite de sa situation de fabricant de produits chimiques pour laver ces noirs à l'acide chlorhydrique faible, après les avoir soumis à une véritable décortication sous des meules, pour désagréger l'enduit terreux. Une fermentation même de 2 à 3 jours est loin de suffire pour détruire la matière organique : aussi, chez quelques industriels, où l'on respecte les vieilles traditions, comme chez M. David, à Bordeaux, on ne craint pas d'en porter la durée à 16 jours : le noir, sortant de là, est à peu près dépouillé de résidus organiques, et la calcination donne peu ou pas d'odeurs. Mais l'inconvénient d'immobiliser un capital de quelque importance tend à restreindre de plus en plus ce mode d'opérer.

Les fours servant à la fabrication sont plus ou moins appropriés à la révivification : ainsi on se sert des marmites, des fours Brison, etc. Un appareil qui se rapproche assez de ce dernier et qui donne de bons résultats au point de vue des odeurs, est employé dans des maisons de premier ordre, entre autres chez M. Say à Paris, M. Rostand à Marseille, etc. Les cornues verticales et rectangulaires de $0^m,35$ sur $0^m,07$

de section, sont disposées en rangées parallèles entre lesquelles circulent les flammes d'un feu de houille. Chaque cornue est divisée, dans le sens de la hauteur, en 3 compartiments. Les flammes ne chauffent que le compartiment supérieur; les deux autres sont hors de la maçonnerie. Les gaz de la calcination s'échappent à travers les interstices de la cornue et se brûlent dans le carnau. A mesure que le noir est cuit, on le fait tomber successivement dans le deuxième et le troisième compartiment, où il se refroidit par degrés. Quoique dans cette raffinerie, le lavage soit très-sommaire, on ne sent pas beaucoup d'odeur sur le plancher de dessiccation.

Les procédés de désinfection applicables à la fabrication du charbon d'os conviennent également à diverses industries dans lesquelles on calcine des matières animales. Ainsi, la tannerie de M. Herrenschmidt, près Strasbourg, qui offre un heureux exemple d'utilisation des résidus, emploie les rognures de peau, les raclures, etc., pour fabriquer du gaz de l'éclairage. Les gaz de la calcination sont si bien désinfectés, dans des épurateurs à la chaux et au coke, qu'on peut impunément s'en servir dans la maison particulière de M. Herrenschmidt. Il est clair que ces gaz pourraient aussi bien être brûlés dans un foyer, et n'enverraient pas à la cheminée d'odeurs nuisibles. Ces moyens n'ont cependant pas suffi pour la calcination des eaux de suint. Chez MM. Maumené et Rogolet, à Elbœuf, où ces eaux sont traitées sur une grande échelle, on épure les gaz avec de la chaux et de l'acide sulfurique, avant de les brûler sous les cornues; mais ils retiennent encore des produits dont ces réactifs sont impuissants à les débarrasser.

Vernis, toiles imperméables, encre d'imprimerie. — La préparation de ces produits développe des odeurs âcres et pénétrantes. Quelques fabriques prennent des précautions contre elles. Dans la belle usine de M. Courtois,

à Pantin, la cuisson du vernis, destiné aux cuirs, s'effectue dans un atelier spécial, très-bien disposé au double point de vue des odeurs et de l'incendie. Les foyers ouvrent dans une pièce entièrement séparée des chaudières de fusion. Celles-ci, entretenues en parfait état de propreté, sont surmontées de chapeaux en tôle, qui envoient les vapeurs dans la cheminée des générateurs, haute de 33 mètres. Le tirage est si énergique, que l'air extérieur afflue dans l'ouverture ménagée sur le devant de la hotte pour les besoins du travail. Dans la fabrique de couleurs de M. Lefranc, à Grenelle, les vapeurs recueillies dans un tuyau commun, sont brûlées sous les générateurs. A Nantes, MM. Desguiraud et Cie ont appliqué un procédé, tenu secret par les inventeurs, qui fait disparaître tous les inconvénients de la fabrication du vernis par le mode ordinaire. Ce procédé consiste à dissoudre le copal à froid, ce qui évite à la fois la carbonisation et le dégagement des vapeurs, et à opérer le mélange des substances à une température qui ne dépasse pas 30 degrés. Ce perfectionnement a paru assez radical, pour que le conseil d'hygiène de Nantes ait écarté en sa faveur les nombreux motifs d'opposition qui avaient été présentés contre l'installation de cette fabrique en 1860.

Les étuves à sécher les toiles goudronnées dégagent des odeurs analogues. L'établissement où l'on s'en est le plus préoccupé est celui de MM. Yvos Laurent, à Garges (Seine-et-Oise). Trois salles pareilles, de 10 mètres de long sur 8 mètres de large, sont chauffées au moyen d'un calorifère souterrain. Le système de chauffage est double; il comprend : 1° des carnaux dans lesquels circulent les flammes; 2° des tuyaux répandant dans les salles de l'air chauffé. L'expulsion de l'air et des buées qu'il entraîne avec lui en passant sur les toiles a lieu par un orifice ménagé au milieu du plafond et communiquant par une trappe mobile avec un tuyau qui débouche sous le cendrier du calorifère.

Engrais artificiels. — L'industrie des engrais est très-intéressante au point de vue qui nous occupe, en ce qu'elle offre aux autres industries un débouché pour une foule de résidus qui, sans cela, deviendraient autant d'éléments d'infection. Elle constitue donc par elle-même un puissant moyen d'assainissement pour l'ensemble des préparations industrielles. Mais c'est sous un autre rapport que nous avons à la considérer ici : nous devons l'envisager au point de vue des odeurs auxquelles elle-même peut donner lieu par le traitement des matières qu'elle emploie. Les opérations sont de deux natures : les unes s'effectuent dans des appareils spéciaux; les autres ont lieu à découvert, sur le sol, d'une manière plus ou moins analogue à la préparation des fumiers de ferme. Ces dernières sont celles qui jouent le principal rôle dans l'industrie des engrais en France (*).

Dans les appareils spéciaux, on ne traite guère que le sang des abattoirs et divers résidus organiques, tels que crins, poils, plumes, bourres, vieux cuirs, etc., lesquels, dans leur état naturel, seraient difficilement assimilables aux plantes (**). Le plus grand progrès réalisé dans ces derniers temps a consisté à opérer en vases clos, sous des pressions élevées, qui déterminent, sans le concours d'agents chimiques, la désagrégation des matières. La fabrique de M. Robart, à Aubervilliers, qui livre 1000 tonnes d'engrais

(*) La remarque de M. Balard à l'exposition de Londres de 1862 est toujours juste, au moins dans l'ensemble : « En France, dit ce « savant, nous employons les matières premières sans les modifier, « en les associant d'une manière variée. Noirs de raffinerie, déchets « d'abattoirs, résidus de poissons, nodules de phosphates naturels « pulvérisés, phosphate de chaux précipité, matières fécales désin- « fectées, déjections liquides et eaux d'égouts, garanties de l'alté- « ration et évaporées par des moyens économiques; tels étaient les « produits exposés par notre pays. On y tend à fournir au sol les « matériaux nécessaires, mais en laissant aux circonstances natu- « relles les moyens de les rendre utilisables. »

(**) La fabrication des hyperphosphates de chaux, si répandue en Angleterre et en voie de propagation en Allemagne, est à peu près inconnue en France.

par an, est très-intéressante. Les os, les cuirs, et autres déchets, sont mis dans des autoclaves fonctionnant à une pression de 9 ou 10 atmosphères. A cette température, et sous l'influence de l'humidité, les substances sont réduites en pâte au bout de quatre ou cinq heures de cuisson. On les retire ensuite et on les place dans de grands tas de fermentation, dont nous nous occuperons tout à l'heure. Le mode même d'attaque prévient les odeurs, qui se trouvent forcément concentrées dans les récipients.

Les opérations à découvert ont toutes pour objet d'associer les matières, de façon à constituer de véritables composts, et d'abandonner les masses à elles-mêmes, pendant un temps plus ou moins long, jusqu'à ce que la fermentation spontanée ait converti chaque tas en un tout bien homogène pouvant être débité sans répandre d'odeurs insalubres. L'abattoir municipal d'Aubervilliers offre un bon exemple de cette préparation. On y forme des tas de 3 mètres à 3^{m},50 de haut, cubant de 2 à 300 mètres cubes, dans lesquels on fait entrer les intestins des chevaux maigres équarris dans l'établissement, ainsi qu'une partie des bouillons gras provenant de la cuisson aux autoclaves. Les tas sont composés de couches horizontales alternatives, savoir : d'une part, les intestins associés avec divers résidus organiques, notamment de la tontisse de laine ; d'autre part, des matières absorbantes, plus ou moins fertilisantes, telles que phosphates minéraux, tourbes, terreau, tan épuisé, charbon d'os, sciure de bois ayant servi aux filtrations grasses, etc. Le tout est recouvert d'une chemise de tourbe de 30 à 40 centimètres d'épaisseur. Pendant et après la confection du tas, on a soin d'arroser les couches et le revêtement avec du chlorure acide de manganèse provenant de la fabrication du chlore. Cette précaution combinée avec la présence des matières absorbantes, prévient le dégagement des odeurs cadavéreuses. Du reste, on ne manque pas, dès qu'une fissure se produit dans le tas, de la boucher exacte-

ment et d'arroser de chlorure. On calcule que la consommation de ce réactif, lequel est un embarras pour les fabriques qui le produisent, est d'environ 12 litres pour les intestins d'un cheval. Le tas, livré à lui-même, entre promptement en fermentation. Au bout de huit à dix mois, un an au plus, on le démolit pour le remanier et le bien mélanger, en ayant toujours soin d'arroser de chlorure, si besoin est. On le laisse encore en repos deux ou trois ans, et on le débite ensuite sous le nom de *compost*. Il est alors tout à fait inodore ou du moins il n'a qu'une légère odeur de guano.

Chez M. Rohart, on forme également de grands tas dans lesquels, au lieu d'intestins, on fait entrer les matières animales réduites par la pression aux autoclaves. La liqueur acide désinfectante est suppléée par des fragments de vitriol mêlés aux substances absorbantes.

La manière de composer les tas varie naturellement beaucoup, selon les localités. Le point essentiel, en ce qui concerne la salubrité, c'est d'associer la matière putrescible avec une proportion convenable de matière poreuse, et de combattre soigneusement les dégagements à mesure qu'ils se déclarent, au moyen d'un agent chimique convenablement approprié. Il y a des cas où la présence d'un élément bien choisi, quoique dans des conditions tout à fait économiques, suffit pour assainir entièrement la fabrication. Ainsi, chez M. Béglin, à la Minière (Seine-et-Oise), où l'on traite journellement 7 mètres cubes de sang des abattoirs de Paris, on emploie pour attaquer ces liquides le mélange d'acide sulfurique et de matières goudronneuses qui constitue le résidu de l'épuration des huiles de schistes. Le magma boueux ainsi obtenu est étendu sur des aires planes où il se dessèche pour y être ensuite pulvérisé et mêlé avec des phosphates minéraux. La présence du goudron prévient la formation des odeurs infectes qui se produisaient [illegible] employait, pour l'attaque du sang, l'acide [illegible] au lieu du mélange bien plus écono-

mique fourni par les fabriques d'huiles minérales. Aussi l'usine, qui avait été menacée d'interdiction, a-t-elle pu, grâce à cette innovation, continuer heureusement ses travaux.

Une autre branche importante de fabrication des engrais, qui est en même temps une source d'odeurs infectes, est celle qui s'exerce sur les matières fécales. A ce titre, l'examen de cette industrie devrait trouver place ici. Mais comme cette question se rattache intimement à celle de l'utilisation des résidus pouvant souiller les cours d'eau, nous la traiterons au quatrième chapitre.

Nous terminerons là cette énumération, bien qu'il y ait une foule d'autres industries donnant lieu à des dégagements insalubres; mais les unes n'ont pas été assainies ou ne sont que d'une médiocre importance; les autres emploient des procédés qui ne diffèrent en rien de ceux que nous avons déjà décrits et n'offriraient dès lors aucun intérêt.

Fumivorité.

A l'examen des procédés ayant pour but de protéger l'atmosphère contre les dégagements nuisibles, se rattache naturellement la question de la fumivorité.

Il ne s'agit plus ici de détruire des gaz, mais simplement de les décolorer en leur enlevant l'excès de matière charbonneuse qu'ils contiennent. Cet excès tenant invariablement à une combustion incomplète, tous les appareils fumivores doivent satisfaire à la condition fondamentale de rendre la combustion plus complète. Tel est le point de vue auquel on commence à se placer en France, mais qui est loin encore d'être unanimement reconnu. Beaucoup d'industriels continuent à chercher la solution du problème dans des inventions irrationnelles qui ne sont propres qu'à la retarder. Aussi, l'amélioration réalisée dans ces dernières années, quoique sensible, n'est point telle qu'on aurait pu l'espérer. L'atmosphère des villes industrielles, Paris, Rouen, Lyon, Marseille, Lille, laisse encore beaucoup à

désirer, et l'on est en droit de se demander si le progrès obtenu dans chaque usine prise isolément, n'est pas plus que compensé par l'accroissement de leur nombre. Ce progrès même paraît dû, le plus souvent, moins à l'application de procédés spéciaux, qu'à l'emploi de houilles de nature moins fumeuse (*).

Jusqu'à ces derniers temps, l'autorité publique s'était montrée fort tolérante à cet égard. Dans quelques grands centres, à Paris, Bordeaux, Marseille, etc., l'obligation de brûler la fumée des appareils à vapeurs était bien inscrite dans les arrêtés préfectoraux, mais on n'avait jamais tenu vigoureusement la main à son exécution. On semblait ajourner tacitement, de part et d'autre, la stricte application de cette clause à l'époque où le problème de la fumivorité se trouverait notoirement résolu par quelque appareil spécial, satisfaisant à toutes les conditions de la pratique. Cette situation changera vraisemblablement par suite du décret du 25 janvier 1865 (**), lequel a le double avantage de s'appliquer à tout l'empire et d'être empreint d'une autorité que ne peuvent avoir, au même degré, les règlements locaux des préfets. Sous la pression de la nouvelle loi, les industriels étudieront la question de plus près, et les vrais principes en matière de fumivorité ne tarderont pas à prévaloir. On doit souhaiter d'ailleurs que la mesure ne s'applique pas seulement aux appareils à vapeur, mais qu'on

(*) Telle est l'opinion exprimée par M. Combes, dans son rapport du 5 juillet 1859, sur la combustion de la fumée dans le département de la Seine. « Elle (l'amélioration) n'est due, nous le croyons, « que pour une part minime à l'application d'appareils ou dispositions fumivores ou à une meilleure construction de fourneaux et « cheminées, et doit être surtout attribuée à la qualité des houilles « employées au chauffage des chaudières. »

(**) L'article 19 est formel.

« Le foyer des chaudières de toute catégorie doit brûler sa fu- « mée.... Un délai de six mois est accordé, pour l'exécution de la « disposition qui précède, aux propriétaires des chaudières aux- « quels l'obligation de brûler leur fumée n'a point été imposée par « l'acte d'autorisation. »

se préoccupe de l'étendre, dans la mesure du possible, à tous les foyers industriels émettant de la fumée dans l'enceinte des villes.

Nonobstant l'immunité relative dont ont joui, jusqu'ici, les producteurs de fumée, des inventions multipliées se sont fait jour, en vue de la supprimer. Il serait difficile de compter le nombre de procédés, brevetés ou non, qui ont été l'objet d'essais en grand, dans diverses fabriques de l'Empire. Beaucoup sont déjà abandonnés, plusieurs le seront encore, et ceux-là, seulement, échapperont à l'oubli qui, avec des dispositions simples, réalisent la condition dont nous parlions tout à l'heure, de rendre la combustion plus complète, c'est-à-dire mettent les gaz combustibles en présence d'une quantité d'air suffisante, à une température convenable. C'est de ces derniers, exclusivement, que nous avons à nous occuper.

On distingue deux catégories de fourneaux :

1° Ceux dans lesquels on effectue certaines élaborations déterminées ;

2° Ceux qui servent à chauffer des chaudières à vapeur.

Pour les premiers, le progrès le plus marquant consiste dans l'introduction du système Siemens, lequel a, comme on sait, pour résultat de diminuer considérablement la fumée, en même temps que de procurer une économie sensible de combustible. Des industries variées ont adopté ce nouveau mode de chauffage : on en voit des applications dans les principales verreries et cristalleries, à Clichy, à Baccarat, à Saint-Louis, dans les fabriques de glaces de Montluçon et Saint-Gobain, à l'usine à gaz de Vaugirard, aux fours à zinc de Viviers et de Tours, etc. Mais l'application la plus intéressante, selon nous, est celle qui a été faite aux fours à puddler et à réchauffer, parce qu'ici, il ne s'agit pas seulement d'obtenir une température convenable, mais il faut encore que le courant gazeux contienne de l'oxygène libre dans une certaine proportion. Trois ou

quatre établissements métallurgiques, entre autres celui de M. de Vendel à Hayange (Moselle), ont établi des fours d'après ce système. Pour le puddlage, la disposition est la suivante (Pl. XIII, *fig.* 7 à 9). La sole du four conserve sa forme et ses dimensions ordinaires. Les deux courants de gaz combustibles et d'air atmosphérique, après avoir traversé séparément des chambres chauffées par les flammes perdues, se rencontrent dans un espace rectangulaire ménagé à l'entrée du four; ils s'y mélangent intimement, et la combustion s'y engage avec une grande vivacité. Les flammes parcourent la sole dans le sens de la longueur, et sortent à l'autre extrémité par deux carnaux symétriques, à gauche et à droite de l'axe de la sole, pour de là circuler dans les appareils de chauffage et se rendre à la cheminée. Des valves modératrices permettent de régler à volonté le débit des gaz, et de faire varier, selon les besoins, la proportion d'oxygène (*).

Une disposition qui a donné de bons résultats aux Forges et Chantiers de la Méditerranée, a consisté à associer les fours à puddler, deux à deux, et à donner un assez grand développement au conduit dans lequel les flammes des deux fours se réunissent pour être utilisées au chauffage d'une chaudière à vapeur. En ayant soin d'alterner le chargement des foyers, on peut toujours maintenir la température et la composition du mélange dans des conditions convenables pour que la combustion se complète sous la chaudière.

Dans l'industrie de la porcelaine, on ne rencontre pas de procédé spécial, quoique la question commence à présenter de l'intérêt sur certains points, à Limoges notamment où, depuis la substitution de la houille au bois, tout un côté de

(*) L'appareil de production des gaz combustibles, qui est le même pour toutes les industries, ayant déjà été décrit dans notre rapport sur l'Angleterre, nous ne le décrirons pas ici.

la ville est envahi par la fumée des fours. L'application des systèmes Siemens, Doulton, ou tout autre analogue, paraît y rencontrer des difficultés particulières tenant à la nature des opérations. Selon M. Marquet, l'un des industriels les plus autorisés de Limoges, le problème ne peut pas être résolu en conservant les fours actuels. Ceux-ci ont jusqu'à 5 mètres et demi de diamètre intérieur et 10 mètres de haut : ils sont desservis par huit ou dix alandiers ou foyers à la circonférence et quelquefois par un alandier supplémentaire au centre. La fumée se produit surtout pendant les premières vingt-quatre heures, alors qu'on a soin de ne pas allumer les gaz, afin que l'élévation de température soit bien graduée et se répartisse uniformément sur tous les points. « Quel que soit le mode adopté pour brûler les gaz dès « le début, on est sûr, nous disait M. Marquet, que la tem« pérature s'élèvera trop aux points de combustion et qu'une « partie de la cuite sera manquée (*). La première condi« tion serait donc de construire des fours d'un diamètre « beaucoup moindre, et sans doute aussi il faudrait en « varier les dispositions. On pourrait, par exemple, avoir « plusieurs petits fours conjugués, que les gaz parcour« raient successivement, de telle sorte qu'à la sortie du « four où le chauffage commence, on allumerait les gaz « pour le four suivant, où le chauffage est plus avancé. » Nous exposons ces idées, non à titre de solution, mais pour montrer comment la question est envisagée sur les lieux mêmes.

Dans les appareils à vapeur, surtout fixes, où l'on dispose à peu près, comme on veut, de l'arrangement du fourneau, l'esprit d'invention a pu plus aisément se donner carrière. Après bien des essais, il paraît acquis aujourd'hui

(*) Cet inconvénient n'existe pas pour les fours à poterie, auxquels le système Doulton réussit à merveille, parce que les pièces peuvent supporter un excédant de température.

qu'aucun type de foyer n'est exclusivement fumivore, mais que la destruction de la fumée dépend de l'observation des principes suivants :

1° Avoir une épaisseur modérée de charbon sur la grille, 10 à 12 centimètres, par exemple, 15 au plus ;

2° Éviter la brusque formation d'une trop grande quantité de gaz froids ;

3° Introduire de l'air supplémentaire dans la zone de combustion ;

Sans parler, bien entendu, d'une foule d'autres conditions inhérentes à l'installation d'un bon appareil à vapeur et dont la nécessité avait été depuis longtemps reconnue (*).

Le premier principe a pour objet de faciliter l'accès de l'air par les barreaux et de modérer la quantité de gaz à brûler dans un espace donné. Il implique que les foyers ne soient point disproportionnés avec le travail qu'on exige de la chaudière, ou que la grille ait une superficie suffisante.

Le second principe peut être satisfait de bien des manières (**), et en première ligne, par les soins qu'apporte le chauffeur. Si le feu est chargé irrégulièrement, si on le laisse tomber pour le renouveler à fond, avec les meilleures dispositions on produira beaucoup de fumée. Bon nombre d'inventions, de celles du moins qui méritent de fixer l'attention, ont eu précisément pour objet de suppléer à ces qualités du chauffeur, ou de rendre la bonne marche du feu indépendante de la négligence de l'homme. Les appareils qui y tendent peuvent être divisés en deux caté-

---

(*) Comme d'avoir un cendrier et une chambre de combustion suffisamment hauts, d'éviter les foyers longs et étroits, d'avoir une bonne cheminée, etc.

(**) Nous ne comprenons pas parmi ces moyens, l'emploi des houilles maigres de Charleroi, par exemple, qui s'est beaucoup répandu à Paris, depuis quelques années, par suite de l'ouverture des chemins de fer. Il est clair que ce n'est là un procédé ni technique ni applicable en tous lieux.

gories : 1° ceux où l'on cherche à rendre le chargement uniforme, comme dans les grilles mobiles du système Taillefer; 2° ceux où l'on oblige les gaz fuligineux qui succèdent au chargement, à passer sur des charbons incandescents où ils se brûlent; comme dans les grilles inclinées, à gradins ou à étages, dans les foyers à chambre de distillation, ou de combustion, etc. A cette seconde catégorie, se rattachent les foyers accouplés et chargés alternativement, en vue de faire brûler la fumée de l'un par les flammes de l'autre.

Le troisième principe, ou l'introduction de l'air dans la zone de combustion, a donné lieu également à un grand nombre de systèmes. Le plus simple de tous, qui nous paraît encore le meilleur, consiste à faire entrer l'air par une série de trous, de 7 à 8 millimètres de diamètre, percés à 2 ou 3 centimètres les uns des autres dans la porte de chargement. Il est, en général, mal appliqué en France; on y remplace les trous par un simple entre-bâillement de la porte, ou par 2 ou 4 orifices de grandes dimensions, pratiqués sur cette porte. L'effet produit n'est plus le même : l'air n'est pas assez divisé, ne se mélange pas assez avec les gaz du foyer, et s'échappe en grande partie sans avoir contribué à la combustion. Ces inconvénients disparaissent dans le système Palazot, qui commence à se répandre (Pl. XIII, *fig.* 6). L'air est introduit en nappe mince, sur toute la longueur du foyer, au moyen de rainures pratiquées entre la porte et la grille, que le chauffeur démasque à volonté. Cette disposition est complétée par une voûte en terre réfractaire placée au-dessus de l'autel, laquelle, par sa haute température, favorise la combustion du mélange. Dans quelques appareils, on admet l'air directement au voisinage de l'autel, ce qui est moins avantageux que de l'introduire près de la porte (*). On a cherché aussi à faire arriver l'air par une

(*) A l'origine, le système Palazot admettait l'air à l'autel, mais

foule de moyens indirects qui reviennent tous à activer artificiellement le tirage au moment où les gaz à brûler sont plus abondants. Une injection de vapeur d'eau dans le foyer est au premier rang de ces moyens, et l'appareil Thierry en est jusqu'ici l'expression la plus achevée (Pl. XIII, *fig. 4*). Les résultats obtenus par ces inventeurs ont paru assez concluants pour que leur appareil ait été adopté depuis quelques années dans de grands établissements, entre autres au chemin de fer de Lyon. « Il est certain, dit M. Combes, dans « le rapport déjà cité, que par suite de la décomposition de « la vapeur au contact de la houille embrasée, de l'appel « d'air déterminé par les jets de vapeur, du brassage de « l'air et des gaz combustibles déterminé par la projection « de la vapeur, et probablement par l'action de ces trois « causes agissant ensemble, la flamme, si elle était fu- « meuse, s'éclaircit en se raccourcissant et que la fumée « disparaît sous l'influence des jets de vapeur. » A la suite de l'appareil Thierry, on peut citer une disposition connue sous le nom d'*hydrofère des foyers* et qui est assez usitée dans l'est de la France, notamment dans le département de la Moselle (Pl. XIII, *fig.* 5).

Nous n'avons pas cru devoir décrire les divers systèmes de fumivores auxquels nous avons fait allusion, ni rendre l'énumération plus complète. Cette description et cette énumération ont été faites par M. Combes, de manière à ôter tout intérêt à ce que nous pourrions en dire nous-mêmes. Nous reproduisons à la Note *f*, les conclusions de ce rapport célèbre, qui ont, comme on sait, reçu la sanction de l'autorité souveraine, par la promulgation du décret impérial du 25 janvier 1865.

En terminant ce sujet, nous mentionnerons une tentative toute récente, faite en vue, non de brûler la fumée mais de

---

nous avons sous les yeux une nouvelle brochure distribuée en 1865 par les propriétaires du brevet, et qui place l'introduction près de la porte, ce qui est beaucoup plus rationnel.

la laver, pour la débarrasser des particules de suie qu'elle entraîne avec elle. L'appareil, dû à M. Moussard, a été appliqué pour la première fois, en 1864, à une fabrique de placage de la rue de Charenton (ancienne maison Garant), où nous l'avons vu fonctionner. Il se compose de deux colonnes en tôle de 3m,50 de haut, et 0m,60 de diamètre, communiquant par le haut, et interposées entre la sortie du fourneau et la cheminée. La deuxième colonne, celle dans laquelle la fumée suit une marche descendante, reçoit à sa partie supérieure une petite pluie d'eau, au moyen d'un tube central desservi par la pompe de la machine, et elle se termine inférieurement par un ajutage qui déverse dans un baquet. La communication à la cheminée a lieu par un conduit latéral, immédiatement au-dessous de l'ajutage. Nous avons reconnu qu'au moment où l'on fait tomber l'eau, la fumée n'est pas à proprement parler, décolorée, mais qu'elle est dépouillée en grande partie de ses particules de suie. Du reste, l'eau tombe fort épaisse dans le baquet, et l'on recueille une quantité notable de noir de fumée. Quant au tirage il ne paraissait pas modifié, et le chauffeur déclarait que son feu n'en souffrait nullement. La fabrique de *charbon de Paris*, du boulevard de l'Hôpital, dont l'épaisse fumée soulève depuis longtemps des réclamations qui ont trouvé de l'écho au sein même du Sénat, après avoir essayé de plusieurs systèmes fumivores, a cherché dans l'appareil fumilave de M. Moussard le remède à ses maux. On a installé une double colonne quadrangulaire en maçonnerie de 4m,50 de haut. Nous avons vu le système fonctionner à deux reprises, mais les résultats n'étaient pas très-satisfaisants. Bien que la quantité de noir recueillie fût considérable, la fumée exceptionnellement opaque des étuves n'était guère améliorée. Il est vrai que l'application du système, quoique dirigée par l'inventeur, était encore fort imparfaite. La pluie n'était ni assez divisée ni assez bien répartie; peut-être aussi au-

rait-il mieux valu la lancer en sens inverse du courant de gaz.

En résumé, si l'efficacité de certains dispositifs fumivores est aujourd'hui hors de doute, leur concours ne paraît cependant pas indispensable; mais la bonne construction des fourneaux, l'admission de l'air en quantité convenable, les soins intelligents du chauffeur, et, quand on le peut, le choix du combustible, sont des conditions encore plus générales et plus sûres d'une bonne fumivorité.

Sépultures.

En France, les inhumations s'accomplissent ordinairement dans des délais très-courts (un à deux jours); il ne se produit donc pas les mêmes inconvénients que nous avons eu occasion d'observer en Angleterre. Dès lors, aucune mesure spéciale d'assainissement n'a dû être prise au point de vue du séjour des corps dans les maisons. Le seul objet qui ait attiré l'attention est le transport des corps par les voitures publiques, transport qui s'est généralisé depuis l'exploitation des chemins de fer et qui paraît devoir se généraliser bien davantage encore (*). On fait usage en ce cas de poudres désinfectantes, telles que sciure de bois mélangée de sulfate de fer ou de zinc, poudre de tan et de charbon, etc., placées dans l'intérieur des cercueils. Nous n'avons, à cet égard, rien de saillant à mentionner.

Les cimetières offrent de grands inconvénients pour la salubrité publique, quand ils sont situés dans le voisinage des maisons d'habitation. La loi française y a mis obstacle, en fixant une distance minimum. Cette distance est généralement observée dans les villes, où l'on ne trouve plus de cimetières *intra-muros*. Mais il en est tout autrement dans les petites localités : un grand nombre de communes ont encore leur cimetière autour de l'église, c'est-à-dire au

(*) Il n'est question de rien moins que de l'établissement de cimetières à grande distance où les corps seraient expédiés par chemin de fer.

centre des habitations. Pour plusieurs d'entre elles, on a constaté que les odeurs cadavériques pénétraient dans l'église et dans les maisons environnantes. Assez souvent, on y a porté remède en fermant le cimetière et en en ouvrant un autre hors de l'agglomération ; mais nulle part, à notre connaissance, on n'a fait usage de procédés techniques d'assainissement.

(*La suite à la prochaine livraison.*

RAPPORT

SUR LES MINES DE NEW-ALMADEN (CALIFORNIE).

Par M. COIGNET, ingénieur, attaché à la mission scientifique du Mexique.

Position. — Les mines de New-Almaden sont situées dans le comté de Santa Clara, à 65 milles (environ 100 kilomètres) au sud-est de San Francisco, au milieu des montagnes qui bordent la côte du Pacifique.

Les établissements sont mis en communication avec la capitale commerciale de la Californie, par une route de 12 milles, allant jusqu'à la ville de San José et de ce point par un chemin de fer.

Histoire. — Les Indiens, depuis le siècle dernier, connaissaient l'existence des mines de cinabre de New-Almaden; ils y firent plusieurs travaux pour en retirer le vermillon dont ils se tatouaient le corps. On retrouve encore, dans quelques excavations faites par eux, des blocs de pierre très-dure, arrondis, couverts d'une légère couche de cinabre et qui probablement devaient servir au cassage du minerai.

Lorsque les Mexicains arrivèrent en Californie, les naturels leur montrèrent des échantillons, mais ils n'en reconnurent pas l'importance. En novembre 1845 un capitaine de l'armée mexicaine, nommé Castillero, découvrit la nature de ces minerais, prit possession du terrain, forma une compagnie et commença des travaux. Peu de temps après, il retourna au Mexique, et vendit sa découverte à MM. Barron, Forbes et Cie., négociants anglais à Tépic. Lors de

l'occupation de la Californie par les Américains, le gouvernement des États-Unis s'engagea par le traité de Guadalupe, en 1848, de reconnaître tous les titres de propriétés mexicains et d'en donner de nouveaux conformes aux lois du pays. La législation américaine ne permet pas l'exploitation des mines dans le terrain d'autrui, tandis que les lois mexicaines l'autorisent. Castillero n'avait que la mine et non le sol, ses titres de propriétés n'avaient pas été régularisés. Des Américains avaient acheté les terres et, sitôt que les travaux devinrent productifs, ils intentèrent un procès à la compagnie de New-Almaden ainsi qu'à sa voisine, celle d'Enriqueta, dont les titres étaient dans les mêmes conditions. Ils réclamèrent le droit de *Claim*, c'est-à-dire le droit d'exploitation du sous-sol comme propriétaires de la surface. Des riches capitalistes et des hommes influents de New-York prirent l'affaire en mains; le procès s'ouvrit. La commission d'examen des titres californiens (*Land commission*) se prononça en faveur de la compagnie Barron; un appel fait en 1857 devant la Cour du district eût pour résultat un jugement rendu en 1858, qui ordonnait la suspension des travaux, puis enfin gain de cause aux opposants. Le séquestre fut levé en décembre et janvier 1861. Un nouvel appel fut fait à la Cour Suprême des États-Unis, qui confirma les conclusions du Tribunal de Californie.

Les témoignages qu'on était allé chercher à grands frais au Mexique, furent imprimés et remplirent 3.000 pages in-octavo. Les avocats, parmi lesquels se trouvaient deux sénateurs du Congrès, argumentèrent pendant vingt jours; enfin les opinions et conclusions des juges couvrirent 230 pages in-octavo.

La propriété du sol et des mines, reconnue comme appartenant à la nouvelle compagnie, il fallait un jugement de la Cour de Californie pour faire entrer celle-ci dans ses droits. Quelques mois se seraient encore écoulés avant que

le Tribunal eût pu rendre sa décision; il y eut transaction et la nouvelle société paya à l'ancienne la somme de 1.754.116 dollars (*) (9.041.766 francs) moyennant laquelle celle-ci cédait tout le matériel des mines, l'usine qui se trouvait en dehors du litige, un rancho (pâturage) voisin, d'une lieue de superficie, et plusieurs fermes qui fournissent maintenant l'orge et le fourrage nécessaires aux animaux employés aux transports.

La nouvelle compagnie, sous le nom de : *Quick silver Mining Company*, montée au capital social de 10 millions de dollars (51.546.392 francs), divisé en cent mille parts de 100 dollars chaque, prit possession en novembre 1863, et recommença immédiatement ses travaux d'exploitation.

Géologie. — La *fig.* 1, Pl. XIV, donne une idée de la constitution géologique du pays dans lequel se trouve la mine.

M. Laur, dans son travail sur la Californie, a rangé le terrain dans lequel se trouvent les gisements de cinabre dans les schistes anciens, mais sans donner de preuves à l'appui de cette opinion. Pour fixer exactement l'âge de cette formation il faudrait faire une étude approfondie de la contrée. Un moyen indirect de résoudre le problème serait aussi la détermination des filons qui le traversent, toutefois les documents manquent encore pour arriver à la solution.

Les diverses exploitations de cinabre sont comprises entre deux masses serpentineuses irrégulières dans leurs contours, mais dont la direction générale est H. 7 de la boussole allemande (**). La bande sud, la plus importante au point de vue des travaux actuels, est seule dessinée avec quelque exactitude sur la carte. Celle du nord, au con-

(*) Le dollar vaut 5fr.,1546.

(**) Toutes les directions sont rapportées au méridien magnétique. La déviation de l'aiguille aimantée était de 15° 45′ à Almaden en 1864.

traire, est tracée seulement pour montrer son cours moyen, sa position n'est pas exacte. A l'Est, les gisements sont limités par une masse de trapps dont la direction générale est H. 9, tandis qu'à l'ouest ils se continuent sans interruption, jusque bien au delà de la mine de Guadalupe, à plus de deux lieues d'Almaden.

La bande serpentineuse sud a un contour très-régulier sur son côté nord. De la masse principale partent plusieurs appendices qui pénètrent les roches stratifiées jusqu'à une certaine distance de leurs points de départ et forment dans ce parcours de véritables filons de serpentine fortement décomposés sur les bords. Enfin on remarque entre la mine et l'usine des îlots peu étendus de la même roche. Cette dernière est généralement compacte, très-dure, d'un vert foncé dans le centre de la formation, mais en décomposition et d'un vert clair sur les bords; elle se trouve alors en rognons arrondis assez volumineux, entourés par de la serpentine altérée.

Le trapp est verdâtre, à très-petits cristaux, divisé en prismes irréguliers présentant une stratification pseudo-régulière ; il est fendillé en tous sens, de sorte que sous le marteau il se détache en petits fragments à faces planes. Il se trouve isolé ou près des serpentines sans qu'on puisse voir s'il les traverse ou s'il est pénétré par celles-ci.

Près de ces deux roches, mais surtout contre la dernière, les schistes argileux ont été transformés en jaspes rouges veinés de blanc et de brun ; les lits de stratification sont bien marqués, mais il est impossible d'en déterminer la direction générale à cause des contournements sans nombre qu'ils présentent.

Les calcaires sont le plus souvent noirs, très-durs et à cassure conchoïde; près des roches plutoniques ils sont veinés de calcaire blanc saccharoïde, fortement silicifiés, ou deviennent dolomitiques au contact des serpentines. Les cristaux qu'on rencontre alors dans les fentes qui traver-

sent la roche sont des rhomboèdres très-aplatis semblables aux cristaux de chaux carbonatée contenant de la magnésie.

Dans le ravin qui conduit à l'usine, on remarque une couche de calcaire très-puissante et très-dure, qu'on peut suivre sans interruption, depuis la serpentine au sud jusque près de la mine de Vélasco. Cette couche, marquée sur le plan en pointillé, est en réalité la limite Est des gisements de cinabre; car entre elle et les trapps voisins sont des grès, des schistes friables et des jaspes, dans lesquels on ne rencontre jamais de minerai. Cette bande calcaire est traversée par un nombre considérable de filons de carbonate de chaux cristallisé, dirigés H 1 1/2, inclinant à l'Est, pareils en tout à ceux qui contiennent le cinabre; les recherches faites en différents points de cette zone indiquent toutes la présence du Mercure.

Les schistes argileux, comme je l'ai dit, passent aux jaspes près des roches ignées. A une certaine distance des serpentines ils deviennent quelquefois verdâtres, onctueux au toucher et peuvent se confondre avec les schistes talqueux. Généralement, comme dans la mine Vélasco, ils sont grenus, peu solides et leur couleur varie du gris clair au noir.

Enfin les grès sont très-friables, à grains moyens, composés principalement de quartz; près des roches serpentineuses et des trapps, ils passent aux quartzites durs.

Sur la rive droite du Rio de los Alamitos, près du pont qui se trouve à l'entrée de l'usine, existe une source minérale assez forte, dégageant une quantité considérable d'acide carbonique; son apparition est due au voisinage des roches plutoniques. Une analyse faite à San Francisco chez MM. Kellog et Hewston a donné la composition suivante :

Carbonate de chaux	18,750
Carbonate de magnésie	37,750
Bicarbonate de soude	24,125
Chlorure de sodium	12,500
Carbonate de fer	1,500
Sulfate de chaux	2,125
Silice	2,812
Total	99,562

Gisement. — Outre la mine de New-Almaden, qui seule était exploitée il y a un peu plus d'un an par la compagnie Barron, on a découvert tout autour plusieurs autres gîtes, dont les principaux sont travaillés dans les mines de Vélasco, San-Lauriano, San-Francisco, Santa-Mariana, San-Pedro et América, distribués sur un rayon de moins de 2 kilomètres. Les exploitations, depuis cette époque, ont été poussées avec vigueur dans ces différents points, et actuellement ces nouvelles mines entrent pour les trois quarts dans la production totale. Quant à la mine Enriqueta, elle est abandonnée pour le moment, mais on a l'intention de la reprendre dans quelques mois.

Le minerai est du cinabre, mélangé d'un peu de pyrite de fer et de cuivre arsénical; ses gangues sont généralement des schistes rubannés calcaires et siliceux, des calcaires noirs, de la chaux carbonatée blanche et enfin du carbonate de fer en petite quantité.

Le minerai, quoique de même aspect partout, se montre cependant dans quatre espèces de gisements, qui sont :

1° Dans des fentes H7, mal définies en profondeur, régnant sur toute la longueur de la zone métallifère, suivant la stratification des couches, ou la coupant sous un angle très-aigu. On connaît actuellement deux lignes de cette direction : l'une dans la mine de New-Almaden proprement dite, enclavée dans les calcaires et n'ayant d'épontes bien marquées que dans la partie supérieure; l'autre à la mine de Velasco. Dans ce dernier point, le toit est formé

par l'appendice serpentineux (cavallo) qu'on remarque à l'entrée de la galerie, et le mur, de grès schisteux, gris très-friables; dans le tunnel creusé beaucoup plus bas, le toit est formé de calcaires, tandis que le mur reste le même. L'épaisseur de ces deux veines est très-variable, elle est d'environ 6 mètres et le minerai se trouve dans la profondeur, généralement aux points où le toit est le mieux marqué; il en est de même dans les parties supérieures, mais on rencontre alors le cinabre dans des argiles rouges; enfin on observe aussi des enrichissements près des cavallos serpentineux.

2° Dans de petits filets de chaux carbonatée, H 1 1/2, inclinant à l'est, dont l'épaisseur varie de 2 millimètres à 30 centimètres. Les cristaux de chaux carbonatée sont très-serrés, rayonnés du centre de la fente à l'extérieur; leur couleur est un peu terne; en certains points on trouve des cristaux d'arragonite également rayonnés. Ces filets conduisent toujours à des parties riches, et c'est suivant leur direction que se font tous les travaux de recherches; quelquefois ils ont au centre des géodes tapissées de petits cristaux de quartz hyalin et remplies de bitume; la rencontre de ce dernier minéral est d'ailleurs un indice certain du voisinage d'un dépôt riche de cinabre.

Dans certains points de la mine, ces filets sont très-nombreux et très-rapprochés, formant des faisceaux séparés par 4 ou 7 mètres de roche stérile; des veines latérales de même direction, mais beaucoup moins inclinées, se réunissent aux précédentes: c'est aux points de jonction que se trouve le minerai; la coupe AB est-ouest, Pl. XIV, *fig.* 4, des travaux de la mine de New-Almaden proprement dite, montre quelle est la disposition de ces poches minérales. On trouve aussi des fentes calcaires H3, inclinant généralement de 33 à 45 degrés vers le sud-ouest; c'est encore aux croisements qu'on rencontre des enrichissements. Quelle que soit d'ailleurs l'orientation des fissures, un fait digne

de remarque, c'est que les filets calcaires les plus verticaux sont les plus riches.

Les fentes H 1 1/2 ne traversent pas la serpentine et sont franchement coupées par les veines H7, c'est par cette dernière raison (comme nous le verrons plus loin) que dans tous les points où le toit de la veine est bien marqué on n'a pas poursuivi plus loin les filets calcaires, tandis qu'aux endroits où les épontes étaient peu distinctes on les a suivis dans cette direction sur une assez grande distance. Les fissures H 1 1/2 sont donc antérieures aux serpentines et aux trapps, mais leur remplissage est dû très-probablement à l'apparition de ces deux roches.

3° Au toit ou au mur des masses serpentineuses, cavallos, et en relation avec des fentes H7, H 1 1/2 ou H3.

4° En poches, quelquefois très-riches à la surface, dans des calcaires rubannés, mais toujours en rapport avec les mêmes systèmes de fentes et avec les roches ignées.

Mine de New-Almaden. (Pl. XIV, *fig.* 1, 2, 3, 4.) — Les premiers travaux de la mine de New-Almaden ont été faits à la surface sur la montagne de Buena-Vista. On descendit par puits et l'on exploita par piliers jusqu'à la profondeur de 97 mètres. Alors on perça la galerie de la Planilla, pour sécher les parties supérieures et ouvrir au-dessous un nouveau champ d'exploitation. Cette grande galerie de roulage, dont les dimensions sont celles d'un tunnel de chemin de fer, suit sur presque toute sa longueur un cavallo serpentineux dirigé H9 et inclinant au nord-est; à son extrémité elle a rencontré la veine H7 inclinant de 42 degrés au nord, laquelle est exploitée au-dessus. En ce point, on fonça un puits vertical pour l'extraction, qui a atteint la profondeur de 106 mètres; des galeries horizontales à différents niveaux viennent rencontrer le gîte et servent de voies de roulage.

A l'endroit où l'on rencontra la veine H7 dans le tunnel de la Planilla, on fit une galerie en direction vers l'est, et à une faible distance on trouva, sur 60 mètres de long, une

cheminée minérale très-riche qu'on suivit en descendant sur une longueur de 165 mètres. La galerie supérieure fût continuée dans la même direction sur une faible étendue, mais n'ayant pas rencontré de cinabre, on l'arrêta, car on en avait suffisamment dans la colonne minérale, où étaient concentrés les travaux d'abatage. Depuis lors, ce travail n'a pas été repris, de sorte que, de ce côté, on ne sait rien sur le prolongement du gîte.

La veine dans laquelle les travaux sont approfondis est enclavée dans une bande de calcaire noir siliceux, rubanné, ou plutôt dans des schistes fortement métamorphisés, pénétrés d'une quantité considérable de carbonate de chaux.

L'épaisseur du filon (si l'on peut s'exprimer ainsi) variait de 2 à 6 mètres; il était rempli par des roches décomposées provenant de ses parois, par de l'argile ferrugineuse et par des rognons de chaux carbonatée. De nombreux filets de ce dernier minéral, dirigés H 1 1/2, avec inclinaison à l'est, se rencontraient par faisceaux, et c'est en les suivant qu'on trouvait le cinabre.

La veine proprement dite conserva son inclinaison de 42 degrés d'une manière assez régulière jusque un peu au-dessous de la chambre de l'Ardilla, à 108 mètres plus bas que le tunnel de la Planilla. A partir de ce point, le toit et le mur disparurent et le minerai ne se trouva plus que dans les filets H 1 1/2.

Sur la longueur de 60 mètres de la veine formant la zone minérale, on rencontre plusieurs filets de chaux carbonatée séparés par des massifs stériles de quelques mètres d'épaisseur qui servent de piliers. Ces faisceaux sont au nombre de quatre principaux : 1° celui de l'Ardilla, 2° de Dios te Guia, 3° de la Ventura, 4° du Far West. Le premier a été le plus riche. Au point où les épontes de la veine disparurent, on trouva une masse considérable de minerai. L'excavation qui en est résultée a 40 mètres de long, 15 mètres de large et 20 mètres de haut, formant ainsi un vide

de 15.000 mètres cubes, dont la moitié a rendu au moins 10 p. 100 de mercure. La valeur du métal sorti de cette chambre n'est pas au-dessous de 9 millions de francs, correspondant à un poids de plus d'un million de kilogrammes, c'est-à-dire à la production totale de l'année 1864. Les autres groupes de filets calcaires étaient beaucoup moins riches ; cependant en plusieurs places ils ont donné plus d'un mètre de cinabre pur.

Le minerai ne se suit pas sans interruption en direction ni en inclinaison ; il est localisé ; les piliers qui restent encore dans les travaux de l'Ardilla et de Dios te Guia montrent clairement la manière dont il est distribué. On remarque deux directions différentes de fentes calcaires ; l'une, la plus fréquente, appartenant au système H 1 1/2 avec inclinaison à l'est, et l'autre, plus rare, dirigée H 3, plongeant au sud-ouest. Parmi les premières, les unes sont presque verticales (80 degrés) et les autres beaucoup moins inclinées ; c'est à la rencontre de ces différentes fissures que se trouve le minerai ; la *fig.* 4, Pl. XIV, représentant une coupe H 7 des travaux inférieurs, montre la disposition en chapelets qui s'est reproduite sur toute l'étendue de la mine.

Les filets H 1 1/2 se continuent vers le sud jusqu'à la masse serpentineuse qui limite le gisement de ce côté, mais les recherches ne l'ont pas encore atteinte. Vers le nord, aucune tentative n'a encore été faite, excepté dans le faisceau minéral de Dios te Guia ; des travaux dans cette direction, ayant pour but de chercher la continuation des bandes minérales de l'Ardilla, de la Ventura et du Far West, donneront certainement de bons résultats.

Dans toutes les galeries poussées suivant les fentes calcaires, un signe certain de richesse est la rencontre de géodes tapissées de cristaux de quartz et pleines de bitume. Toutes les fois aussi que le toit des fissures est uni et bien accusé, le minerai se trouve en plus grande abondance ; il en est de même quand l'inclinaison des filets se rapproche le plus de

la verticale ; enfin on ne trouve pas de cinabre dans les schistes grenus et feuilletés.

D'après ce qui vient d'être dit, le gisement de la mine de New-Almaden proprement dite peut être considéré comme se composant d'une fente H7, inclinant de 42 degrés au nord, mal définie, et de plusieurs veinules de chaux carbonatée qu'on peut assimiler à des filons différents réunis entre eux par des filets transversaux de même direction, mais moins inclinés, le tout étant coupé en certains endroits par des fentes H3 de même nature. C'est aux croisements que se trouvent les riches poches de minerai, dont l'approche est toujours annoncée par la présence du bitume et par des mouches de cinabre souvent très-difficiles à apercevoir. Les veinules H 1 1/2 sont coupées par la fente H7, mais se retrouvent encore dans la partie supérieure entre les épontes de cette dernière, où le toit et le mur sont parfaitement distincts l'un de l'autre.

Les travaux de la mine ne sont pas conduits sur un plan réglé d'avance ; ils suivent tous les contours des poches riches, et si après une recherche de quelques mètres dans une fente calcaire on ne trouve pas de minerai, on suspend le travail sans s'inquiéter de ce qui se trouve au-dessus ou au-dessous. Le seul moyen de tirer tout le parti possible des richesses accumulées dans la mine de New-Almaden, serait de considérer tous les faisceaux minéraux comme des filons séparés, et d'en chercher la continuation à chaque étage. Avec des coupes verticales bien faites, on pourrait dresser un inventaire des poches riches qu'il serait le plus facile d'atteindre ; on disposerait les travaux de manière a ce qu'au moment où l'une d'elles serait sur le point de s'épuiser, on fût près d'en atteindre une autre. En opérant ainsi, on n'aurait plus à redouter une intermittence dans la production, comme cela arrive très-souvent.

A 140 mètres au-dessous du tunnel de la Planilla, on a ouvert dans un ravin, au nord de la mine d'Almaden

une nouvelle galerie d'écoulement (*New-Tunnel*) de 554 mètres de long. Ce travail a coupé d'abord une masse serpentineuse correspondant à celle qu'on trouve à la surface, entre la mine Vélasco et la Planilla, puis la série des couches ordinaires : calcaires noirs, schistes calcaires, schistes feuilletés friables et enfin de nouveaux calcaires noirs, au milieu desquels on a rencontré, à 489 mètres de l'entrée, une veine minérale H 7, qui est probablement la même que celle exploitée dans la mine Vélasco. Le tunnel à travers bancs étant continué a été mis en communication avec les travaux de l'Ardilla, par un puits (*Junction-Schaft*) qui sert à l'épuisement et à l'aérage des travaux supérieurs.

Dans la veine atteinte par le New-Tunnel, on a fait à droite et à gauche deux galeries en direction. La dernière seule est poussée avec activité ; on en retire quelque minerai, qui ne peut provenir que d'un faisceau de filets H 1 1/2, situé plus à l'est que celui de l'Ardilla. Ce dernier, ainsi que ceux de Dios te Guia, de la Ventura et de Far West, ne peuvent être trouvés qu'en prolongeant la galerie se dirigeant vers l'ouest.

Roulage. Extraction. — Dans l'intérieur de la mine, des galeries de roulage à voies ferrées sont ménagées à différentes hauteurs dans les vides provenant de l'abatage, et communiquent avec le puits d'extraction. Entre ces différents niveaux, le transport du minerai se fait à dos d'hommes, depuis les chantiers jusqu'à la sortie la plus proche.

La machine d'extraction qui se trouve à l'extrémité du tunnel de la Planilla, à l'orifice du puits, a une force de 12 chevaux. Elle reçoit la vapeur des chaudières placées à l'entrée de la galerie par un tuyau en fonte, renfermé dans un conduit en tôle de 0m,15 de diamètre, plein de coton. La voie ferrée a une largeur de 1 mètre entre les axes des deux rails ; des chariots rectangulaires, peu profonds, reçoivent le minerai extrait par le puits dans des seaux, et

le conduisent sous le hangar de cassage et de triage de la Planilla; deux hommes sont employés à ce service.

Éclairage. — L'éclairage à l'intérieur se fait au moyen de bougies, ainsi que dans toutes les mines de Californie. Cette habitude a été introduite par les Mexicains. En un an on a dépensé dans les mines d'Almaden, pour 40.000 francs environ de bougies, correspondant à un poids de 25.000 kilos; l'éclairage à l'huile serait certainement beaucoup moins coûteux.

Du temps de l'ancienne compagnie, on pensait qu'il n'y avait pas d'autre gisement de cinabre que celui exploité dans la mine de New-Almaden proprement dite; mais de nombreuses recherches faites par la nouvelle société, mirent à jour de nouveaux dépôts très-riches. C'est à la suite de ces tentatives que s'ouvrirent les mines de Vélasco, San Laurencio, Santa Mariana, San Francisco, San Pedro et América, toutes situées dans un rayon de moins de 2 kilomètres de la mine principale. Ces exploitations réunies apportent un contingent considérable à la production, dans laquelle elles entrent pour les trois-quarts. Je vais dire quelques mots des plus importantes.

Mine de Vélasco. — La mine de Vélasco se trouve à peu près à 500 mètres au nord du tunnel de la Planilla, sur le bord du chemin qui conduit à l'usine.

Les travaux se composent de deux travers bancs ne communiquant pas encore entre eux; ils ont traversé une veine H 7, distincte de celle de New-Almaden, près de son point de rencontre avec un *cavallo* serpentineux H 9, que la galerie inférieure a suivi sur presque toute sa longueur.

Dans la veine H 7, dont la puissance est de 6 mètres en plusieurs points, se trouvent des filets de chaux carbonatée H 1 1/2 en quantité tellement considérable, qu'on croirait qu'ils en font partie. C'est dans cette masse calcaire qu'on a trouvé des dépôts de cinabre pur, qui ont eu jusqu'à $1^{m},50$ d'épaisseur. L'inclinaison du gîte est de 35° au nord. De

même qu'à Almaden, lorsque le toit est bien marqué et que l'argile ferrugineuse est abondante, on trouve le minerai le plus riche. Dans ces travaux, qui d'ailleurs sont peu profonds, on n'a pas encore cherché la continuation des filets H 1 1/2 en dehors des épontes de la veine, mais on se dispose à le faire.

Le cavallo serpentineux présente une inclinaison de 70° au nord-est, tandis que la veine plonge de 35° dans le même sens. Le tunnel supérieur a traversé la serpentine près de son entrée, puis des couches de calcaire, des schistes altérés très-ferrugineux, la fente minérale, puis des grès schisteux gris feuilletés très-friables. Dans la galerie inférieure, la masse serpentineuse traversée, on a coupé la veine, dont le mur est formé des mêmes grès schisteux qu'au-dessus. A partir de ce niveau et en descendant, le cinabre a pour toit la serpentine et pour mur la même roche que précédemment.

Un tunnel, fait à environ 30 mètres plus bas que les travaux inférieurs, doit bientôt rencontrer ce dépôt et communiquer avec les chantiers supérieurs.

Une coupe passant par les mines de Vélasco et New-Almaden, donnerait la série de couches suivante :

	Épaisseur. mètres.
Serpentine.	31
Veine de Vélasco.	5
Grès schisteux feuilletés et friables.	50
Calcaires noirs, à cassure esquilleuse.	171
Serpentine trouvée dans le New-Tunnel.	25
Veine d'Almaden.	6
Grand Cavallo serpentineux.	158
Total.	446

Mine América. — La mine América comprend deux tunnels qui suivent un cavallo serpentineux H 9, avec inclinaison au nord-est; le plus inférieur n'est pas terminé. Dans le supérieur, on n'a rencontré que des filets calcaires H 1 1/2,

très-riches près de la serpentine et à leur rencontre avec une fente H 3, inclinant de 30° au sud-ouest; on a suivi cette poche sur une profondeur d'environ 20 mètres.

Mine de San Pedro. — Les travaux ne se composent que d'excavations superficielles, dans des calcaires noirs siliceux, voisins de trapps et traversés par les fissures H 1 1/2 de carbonate de chaux, dans lesquels on trouve quelquefois de riches dépôts.

Mine Enriqueta. — Le même procès, qui mit la nouvelle compagnie en possession de la mine de New-Almaden et dépendances, lui donna la propriété de celle d'Enriqueta. Depuis la mise de l'embargo sur l'exploitation, peu de travaux ont été faits, mais on compte les reprendre dans quelques mois. Dans les derniers temps, la production de cette mine avait beaucoup diminué, toutefois on a l'espoir d'en faire bientôt une exploitation importante.

Cassage et triage. — Les minerais, au sortir de la mine, sont cassés et triés grossièrement, à cause du prix élevé de la main-d'œuvre; tous les menus contenant moins de 4 p. 100 de mercure, sont mis de côté pour être lavés plus tard, lorsque les salaires auront diminué. Le triage à la tâche se fait à raison de 2 piastres la charge de 300 livres (136 kilos), soit : 75f,80 les 1.000 kilos.

Transport à l'usine. — Le transport des minerais à l'usine se faisait en charrettes par des entrepreneurs ou par des hommes à la journée, avec le matériel de la compagnie. La charge revenait à 12 sous pour une distance de 2,5 milles, soit : 1f.01 par tonne et par kilomètre. Un chemin de fer et trois plans inclinés d'un développement total de 1 mille, permettra d'abaisser ce prix à 0f.247 par tonne et par kilomètre. Le coût total de cette voie ferrée a été de 10.000 piastres (51.546 francs), soit pour 11.454 francs le kilomètre.

Prix des travaux. Main-d'œuvre. — Tous les travaux d'abatage se font à l'entreprise. Quand les ouvriers sont en plein minerai, ils sont payés à raison de 3f,75 à 20 francs

la chargè de 136 kilos; la moyenne pour le mois de janvier 1865 a été de 16f,85 ou 123f,92 par 1.000 kilos.

Les recherches se payent de 30 à 90 dollars le yard (0m,91), soit: 169f,87 à 508f,59, puis de 5 francs à 23 francs la charge de minerai. L'abatage, dans les parties peu riches, se paye aussi à l'avancement; le prix moyen pour le mois de janvier 1865, a été de 10,10 dollars (52f,01), sur 632,09 yards faits pendant le mois, soit : 56f,94 le mètre.

Dans le nouveau tunnel, le mètre d'avancement a été payé 280 à 800 francs, ce dernier prix correspondant au calcaire noir siliceux.

Les prix des journées des différentes catégories d'ouvriers sont les suivants :

	dollars.	fr.
Mineurs à la journée.	3	15,45
Mineurs à la tâche.	4	20,60
Fouleurs.	2	10,30
Casseurs.	2	10,30
Machinistes, forgerons. . . .	3 1/2	18,02
Charpentiers.	3 1/2	18,02

Mineurs. — Presque tous les mineurs d'Almadeu sont Mexicains ou Chiliens; une très-faible partie se compose d'Anglais ou d'Américains; tous les travaux de triage sont faits par des ouvriers de race espagnole. Ces derniers, élevés dans les mines de leur pays, où chacun conduit ses recherches comme il l'entend, sont habitués à saisir de suite les indices auxquels on peut reconnaître l'approche du minerai. Rien ne leur échappe, la plus petite mouche de cinabre ne reste pas inaperçue, en un mot ils travaillent avec intelligence et peuvent donner des renseignements précieux à l'ingénieur. Les Anglo-Saxons, plus robustes, produisent une somme de travail plus considérable, mais rarement ils font attention aux changements, quelquefois très-légers, qui surviennent dans un filon, et dont l'importance est très-grande dans l'exploitation des gîtes irréguliers. Aussi sont-ils le plus souvent employés aux tra-

vaux stériles, tandis que les Mexicains et les Chiliens sont tous sur le minerai ou dans les recherches importantes. C'est à eux qu'on doit les principales découvertes faites en dehors de la mine de New-Almaden proprement dite; aussi les encourage-t-on le plus possible. S'ils trouvent à la surface des indices de minerai, ils demandent l'autorisation de faire des recherches; elle leur est généralement accordée; s'ils trouvent du cinabre, on leur donne un prix assez élevé de leur minerai pour qu'ils puissent rentrer dans leurs dépenses et être largement récompensés; si le travail ne produit rien, on leur rembourse généralement une partie de leurs frais.

Actuellement, l'emploi des Mexicains en Californie pour l'exploitation des mines de mercure est une des conditions indispensables de réussite; méconnue presque partout, elle a été une des causes du peu de succès des entreprises du même genre qui se sont montées dans le pays.

Production de la mine. — Dans les 31 mois commençant au 1er février 1861 et finissant au 31 août 1863, la production moyenne mensuelle était de 3.635 charges, ou 694 tonnes. Depuis la reprise des travaux par la nouvelle compagnie, du 1er novembre 1863 jusqu'à la même date en 1864, l'extraction a été la suivante :

Mois de	novembre 1863. . . .	2.729	charges, soit	372,404	kilogrammes.
—	décembre	3.622	—	[illegible]	—
—	janvier 1864.	4.533	—	616.488	—
—	février	5.928	—	806.208	—
—	mars.	5.978	—	813.008	—
—	avril	7.208	—	[illegible]	—
—	mai	5.175	—	703.800	—
—	juin.	4.773	—	649.128	—
—	juillet.	5.410	—	696.184	—
—	août.	8.355	—	1 136.280	—
—	septembre	5.720	—	777.920	—
—	octobre.	8.015	—	1.094.120	—
	Totaux. . .	67.195		9.138.520	

Comme les payes d'ouvriers ainsi que les comptes sont faits toutes les deux semaines, les chiffres ci-dessus em-

piètent les uns sur les autres; le seul qui soit véritablement exact pour un mois complet est celui qui correspond au mois d'octobre.

D'après ce qui précède, la production annuelle de l'année a été de 5.600 charges, ou 761.600 kilos. En novembre 1864, elle s'est approchée de 10.000, et en janvier 1865 elle a dépassé 8.000 charges, c'est-à-dire 1.088,000 kilos.

Pendant l'année qui s'est écoulée entre le 1er novembre 1863 et le 1er novembre 1864, les dépenses de la mine ont été les suivantes :

			Par tonne.	p. c.
Exploitation proprement dite.	1° Mineurs au minerai	127.073,77	13,86	7,65
	2° Chargement au haut du puits	10.801,79	2,05	1,12
	3° Chargement au bas du puits	12.821,86	1,40	0,75
	4° Porteurs de sacs	316.446,84	34,62	18,07
	5° Prouleurs	8 886,61	0,97	0,52
	6° Machinistes	8.196,15	0,89	0,48
	7° Chauffeurs	6.039,20	0,66	0,36
	8° Boisseurs	8.078.22	0,87	0,47
	9° Recherches, aménagement	454.754,74	49,75	26,40
	10° Travaux extraordinaire, New-Tunnel	46.369,50	5,07	2,78
	11° Recherches à la surface	12 309,04	1,34	0,93
Tirage et cassage.	12° Trieurs	342.562,57	37,48	19,64
	13° Casseurs	37.865,92	4,14	2,27
Entretien, Réparations.	14° Réparations, fournitures	39.022,22	2,57	1,43
	15° Forgerons	30.185,94	2,85	1,63
	16° Aides-forgerons	18.620,73	1,75	0,95
	17° Charpentiers	179.919,02	18,16	10,07
	18° Divers	36.523,86	2,30	1,25
	Machiniste pour ventilation (Enriqueta)	2,654,41	0,29	0,15
	Surveillants, etc.	54.705,84	5,97	3,29
	Totaux	1.761.788,13	187,02	100,00

Dans les dépenses ci-dessus sont comprises celles de la construction du chemin de fer, c'est-à-dire 51.546 francs; elles se trouvent réparties d'une manière inégale sur les articles 15, 16, 17, 18; on peut, je crois, les diviser de la manière suivante :

(14)	Fournitures	16.000
(15)	Forgerons	4.000
(16)	Aides	2.500
(17)	Charpentiers	13.700
(18)	Main-d'œuvre diverse	15.346
		51.546

C'est en supposant ceschi ffres exacts que les deux colonnes additionnelles du tableau précédent ont été dressées.

On voit par l'inspection de ce dernier que le transport à dos coûte à lui seul presque autant que le triage, un peu moins que les travaux de recherches, mais le double de l'abatage du minerai. Cette dépense, comparée aux autres, est énorme, et prouve une fois de plus que des travaux bien ouverts, avec des voies de roulage communiquant par des pentes avec les chantiers d'abatage, quoique paraissant plus dispendieux au premier abord, sont cependant plus économiques. Il est évident, en effet, que si les travaux de recherches coûtent 454.754f,74, on aurait pu facilement, avec les frais énormes de transport à bras, établir dans tous les chantiers des cheminées ou descentes arrivant aux voies de roulage et à poser la surface des chemins de fer avec plans inclinés.

Pendant le mois de janvier 1865 (du 25 décembre 1864 au 21 janvier 1865), les dépenses en main-d'œuvre ont été les suivantes :

			fr.
(1)	400	Mineurs au minerai	126.697,58
(2)	150	Mineurs au mètre d'avancement	32.891,95
(3)	46	Trieurs aux vieux déblais	9.591,59
(4)	66	Mineurs à la journée, pour réparations, etc.	2.628,54
(5)	19	Manœuvres pour la construction du chemin de fer	2.224,62
(6)	8	Mineurs en recherches à la surface	680,33
(7)	2	Crieurs à contrat	332,43
(8)	1	Entrepreneur de transports	587,55
	692		175.634,59

Nombre de charges extraites par les mineurs au minerai.	7.513,00
Nombre de mètres d'avancement.	577,60
Prix de revient du mètre d'avancement.	56,94
Moyenne de paye reçue par les mineurs au minerai.	316,73
Moyenne de paye reçue par les mineurs au mètre d'avancement.	219,28

Il faut ajouter au moins 500 charges à la production ci-dessus; elles proviennent des anciens déblais des mineurs au mètre d'avancement ou des recherches à la surface. Il faut aussi augmenter la somme reçue par les ouvriers au mètre courant, car le minerai qu'ils retirent leur est payé à des époques fixes, ou quand leurs chantiers entrent en production régulière.

Si nous prenons pour chiffre de production du mois de janvier celui de 8.013 charges, soit 1.089,768 kilog, nous pourrons former le tableau suivant :

Prix de revient total de la tonne de minerai, en ne tenant pas compte de l'article (5).	fr. 169,13
Frais spéciaux d'exploitation par tonne de minerai (articles 1, 2, 4, 6).	149,47

Dans les dépenses générales de la mine pendant l'année que nous avons considérée plus haut, sont comprises celles faites en réparations dans les maisons du village de New-Almaden, qui appartiennent toutes à la compagnie; il m'a été impossible de les séparer des autres.

La population de la bourgade d'Almaden est d'environ 2.000 personnes, dans lesquelles 692 sont employées dans les divers travaux d'exploitation.

USINE DE NEW-ALMADEN.

Position. — L'usine d'Almaden se trouve sur le ruisseau de los Alamitos à deux milles et demi ou 4 kilomètres

de la mine principale et seulement à 1.600 mètres de ce dernier point par le nouveau chemin de fer. Elle se compose de deux parties : l'une, située sur la rive droite du ravin, comprend deux fourneaux et condensements construits primitivement; l'autre est sur la rive gauche du ruisseau sur un espace plan assez étendu où dans peu d'années tous les appareils seront concentrés. Cette nouvelle usine, dont la disposition est représentée *fig.* 7, Pl. XV, se compose de trois fourneaux de réduction (nos 3, 4, 5, 6) et de deux condenseurs dont le plus grand recueille les produits volatils des fours nos 3, 4, 5.

Conditions d'établissement. — Les prix des différentes fournitures sont les suivants :

	fr.
Les briques réfractaires coûtent, rendues à l'usine, le mille	412,32
Les briques ordinaires, fabriquées à Almaden.	41,23
Le bois de construction coûte, le mètre quarré.	1,10
Le bois pour les fourneaux coûte 5,19 dollars la corde, soit le mètre cube	7,35
Les flasks de mercure neufs coûtent la pièce.	10,50
Le fer en barres, les 100 kilog.	85,84
L'acier, les 100 kilog.	238,14

Le transport de San Francisco à l'usine coûte 22fr,73 la tonne pour une distance de 101 kilomètres, ce qui fait 0fr,22 par tonne et par kilomètre.

Il se divise en deux parties comme suit :

1° De San Francisco à San José par chemin de fer, 11fr,35 par tonnes pour 80 kilomètres soit 0fr,13 par tonne et par kilomètre;

2° De San José à Almaden (usine), 11fr,35 par tonne sur une route à charrettes de 21 kilomètres, soit 0fr,53 pour la même unité.

Avant la construction du chemin de fer de San José, les transports se faisaient par le port d'Alviso, sur la baie de San Francisco, à 30 milles de la mine que des services

quotidiens de navires mettaient en communication avec la ville.

Minerais. — Les minerais arrivant de la mine sont déchargés sous des hangars et divisés en trois catégories :

1° *Gros* comprenant les blocs riches qui par conséquent n'ont pas besoin d'être cassés et triés ; ils pèsent quelquefois de 70 à 90 kilogrammes ;

2° *Grenailles*. Ce sont les produits du cassage et triage à la main ; leur grosseur varie de celle d'une noix à celle de la tête ;

3° *Terres*. Elles proviennent des menus criblés de la mine ; leur richesse n'est pas au-dessous de 4 p. 100 ; elles sont humectées et moulées en briquettes de 0m,30 de long, 0m,15 de largeur et de hauteur.

Il y a quelques années on employait à New-Almaden des cornues de distillation en fonte dans lesquelles on plaçait les minerais mélangés avec de la chaux. Le rendement en mercure était bon, mais le traitement beaucoup plus cher, le capital immobilisé plus considérable et l'insalubrité plus grande. A ce système de traitement on a substitué celui appliqué en Europe avec quelques modifications.

Les six fourneaux qui composent l'usine d'Almaden ont les dimensions suivantes :

Fours n° 1 et 2.

	mèt.		mèt.
Longueur intérieure de la chambre à minerai	4,50	cube	30,476
Largeur au milieu	2,15		
Hauteur	3.15		

Fours n° 3 et 4.

Longueur intérieure de la chambre à minerai	3,95	*id.*	28,797
Largeur au milieu	2,15		
Hauteur	3.40		

Four n° 5.

Longueur intérieure de la chambre à minerai.	3,50	*id.*	28,971
Largeur au milieu.	2,15		
Hauteur.	3,85		

Four n° 6.

Longueur intérieure de la chambre à minerai.	3,50	*id.*	54,381
Largeur au milieu.	2,75		
Hauteur.	5,65		

On remarquera que dans le four n° 6 la seule dimension qui n'ait pas changé est la longueur. C'est en effet la seule qui ne puisse pas supporter une augmentation puisqu'elle doit être égale à celle des gaz chauds qui traversent le minerai. Toutes les autres ont été augmentées et les résultats obtenus ont été si avantageux qu'on va construire des fourneaux plus grands pour remplacer ceux de l'ancienne usine.

Je donne, *fig.* 1, 2, 3 et 4, Pl. XV, les dessins du grand fourneau n° 6, ainsi que ceux du grand condenseur (*fig.* 5 et 6) qui lui est adjoint; ces appareils réunissent toutes les améliorations qu'a suggérées une expérience de plusieurs années.

L'appareil de réduction du grand fourneau à mercure, Pl. IV, *fig.* 1, 2, 3, 4, se compose de quatre parties : 1° le foyer A; 2° la chambre à minerai B, munie de quatre portes D de déchargement; 3° d'un conduit C dans lequel les poussières entraînées et les cendres de bois se déposent; 4° d'un petit condenseur EEE, divisé en trois compartiments, destiné à recueillir le principal produit de la condensation.

Tout le massif du fourneau repose sur un radier en bois X. Dans la fondation et sur toute la longueur du four proprement dit existe une seule voûte en briques F, tandis que dans celle du petit condenseur il y en a deux,

G, H (*fig.* 3 et 4). Deux plans inclinés, cimentés avec soin, forment le bas du conduit et leur ligne d'intersection a une légère pente vers une des extrémités. A la naissance du cintre ou un peu au-dessous, des plaques en tôle I isolent complétement la maçonnerie supérieure de l'inférieure, arrêtent le mercure qui filtre toujours dans les joints des briques et le font écouler dans les canaux intérieurs qui le conduisent dans des récipients en fonte placés à l'extrémité la plus basse. Dans les anciens fourneaux on avait négligé cette précaution, de sorte que le mercure avait pénétré toutes les fondations.

Le foyer A est très-étroit ($0^m,50$); le combustible est du bois de sapin; les flammes peuvent s'élever sans difficulté jusqu'au haut du four. Aux deux extrémités de la chambre à minerai se trouvent deux murs à claire-voie en briques réfractaires, construits en arcs de cercle afin de résister à la poussée de la charge. Tout l'intérieur ainsi que la chambre du foyer ont une chemise en briques réfractaires. Les deux murs latéraux sont réunis à leur partie supérieure par une voûte surbaissée dans laquelle on ménage deux ouvertures K sur toute la largeur du fourneau pour faire le chargement. La paroi extérieure du foyer est percée de quatre ouvertures, chacune $0^m,20$ de côté, disposées sur toute la hauteur de l'appareil; elles sont fermées pendant l'opération par des portes en fonte qui sont ouvertes quand elle est terminée, afin que l'air froid, appelé par une cheminée placée au-dessus du petit condenseur, refroidisse promptement l'intérieur du fourneau. Des armatures en bois, placées entre chaque porte et, à une assez faible distance les unes des autres sur les côtés, sont reliées entre elles par des tirants en fer.

La coupe IJ d'un compartiment du petit condenseur montre le plan incliné qui conduit le mercure liquide dans un canal L régnant sur toute la longueur des chambres et communiquant à un bassin placé à une des extrémités (*fig.* 4).

Les deux ouvertures M de chaque compartiment sont fermées et lutées pendant l'opération et ouvertes après refroidissement pour le nettoyage de l'intérieur. Des armatures semblables à celles du fourneau proprement dit et disposées de la même manière consolident tout l'appareil.

Le grand condenseur dans lequel passent les fumées du four n° 6 se compose de 12 compartiments formés par des cloisons en briques ordinaires réunies à leur partie supérieure par des voûtes en plein cintre (*fig.* 6). Chacun d'eux a deux ouvertures pour le nettoyage; le fond est formé de deux plans inclinés vers le dehors qui déversent le liquide dans deux canaux collecteurs. De fortes armatures en bois, réunies par quatre tirants en fer et placées entre chaque porte, soutiennent toute la construction.

Les fondations reposent encore sur un radier; trois canaux comme ceux du petit condenseur déversent leurs produits dans un conduit central A communiquant au récipient général placé près du foyer.

Chargement. — Le four froid, les chargeurs descendent dans le fourneau. Ils disposent sur la sole une couche de briquettes faites avec les menus en ménageant trois conduits régnant sur toute la longueur de la chambre à minerai pour le passage des gaz chauds. Sur les côtés, on monte un mur en briquettes jusqu'à environ $0^m,60$ au-dessus de la clef de voûte des portes D. On charge ensuite le minerai en morceaux, mais on a soin, tous les $0^m,75$, de ménager comme précédemment trois conduits dans la masse. Comme les gaz du foyer tendent toujours à s'élever et à passer de préférence dans les canaux supérieurs, on rétrécit un peu ceux-ci de manière à ce que les flammes se répartissent également sur toute la hauteur de la charge. Le fourneau plein jusqu'à la voûte, on recouvre le minerai avec les poussières fines retirées des condenseurs et préalablement mélangées avec de la chaux éteinte. On place ensuite sur les deux bancs *v* qui font rebords dans les couvertures de

chargement, des plaques en fonte formant voussoirs munies d'une poignée; les joints sont ensuite cimentés avec soin, puis le tout est recouvert d'une couche de mortier fin (*fig.* 1). Le chargement terminé, on ferme les portes inférieures par un mur N en briques réfractaires de $0^m,45$ d'épaisseur maintenu fixe au moyen d'une plaque en fonte M, de $0^m,15$ scellée dans la muraille (*fig.* 3).

Le chargement des fours 1, 2, 3, 4, 5 demande 4 à 5 heures à 6 hommes. Celui du four n° 6 dure 24 heures avec la même quantité d'ouvriers.

Sitôt les portes fermées, on met en feu et active le chauffage le plus possible. Selon l'humidité du minerai, le mercure reste plus ou moins longtemps à se dégager; généralement 5 heures après la mise en marche, les premières gouttelettes se forment. La durée de l'opération varie aussi dans le même sens que l'hygrométrie de la charge; elle est comprise entre 50 et 70 heures.

Vers la fin de l'opération, le premier compartiment du petit condenseur est à une température trop élevée pour que le mercure se condense; la sublimation est terminée quand le troisième compartiment ne donne plus rien.

L'opération achevée, on démolit les murs en briques N des portes D, et ouvre les 4 soupiraux du foyer. Devant les premières, on place des plaques en tôle arrivant jusqu'au-dessus de wagons en fer; le four est vidé avec des crochets, et les matières stériles sont jetées sur les haldes. Le déchargement est fait par 2 hommes en 24 heures.

La conduite du fourneau demande 1 homme par 12 heures. Cet ouvrier, payé 4 piastres ($20^f,60$), doit surveiller l'opération, alimenter le foyer et mettre le mercure en flasks.

La consommation de bois est de 6,5 cordes ($23^{m^3},627$) par opération pour le four n° 6, et de 5 à 6 ($18^{m^3},175$ à $21^{m^3},810$) pour les autres.

Après le déchargement, on laisse encore refroidir le fourneau pendant 12 heures, puis on procède à une nouvelle

charge. Pendant cette dernière, on nettoie le petit condenseur, dont on retire beaucoup de poussières fines déposées sur le fond ou sur les parois. Ces poussières contiennent probablement de l'acide arsénieux, provenant du mispickel contenu dans les minéraux, et enfin du sulfure de mercure qui s'est reformé de nouveau; il suffit de les mélanger avec de la chaux éteinte et de les laisser exposées à l'air pour qu'à chaque opération on en puisse retirer 20 flasks de métal : $226^{k},5$.

Les tableaux suivants montrent la marche des 6 fourneaux pendant le mois de janvier 1865.

MOIS.	Dates.	Nombre d'heures.	GROS.	GRE-NAILLES.	TERRES.	TOTAL.	Nombre de flasks.	POIDS.	Rende-ment pour 100
Four n° 1.									
			kilog.	kilog.	kilog.	kilog.		kilog.	
Janvier	6	74	»	25.549	7.248	32.797	101	3.481,4	10,46
	11	60	»	29.898	5.889	35.787	114	3.873,1	10,[illegible]
	16	54	»	24.915	2.265	27.180	89	2.774,6	10,21
	21	54	»	25.362	2.265	27.627	70	2.378,2	[illegible]
	26	70	»	23.556	2.265	25.821	75	2.546,1	9,51
	31	74	»	22.650	2.446	25.096	70	2.378,2	9,48
Totaux	6	386	»	151.930	22.378	174.308	513	17.383,6	9,98
Moyenne par charge	...	64	»	25.341	3.729	29.070	86	2.897,2	9,98
Four n° 2.									
Janvier	4	70	3.624	26.274	7.248	37.146	120	4.077,0	10,98
	8	60	»	30.360	5.436	35.796	108	3.669,3	10,25
	13	64	»	28.182	5.889	34.071	102	3.465,4	10,17
	18	64	»	25.640	2.491	28.131	75	2.480,2	8,82
	23	64	»	26.908	2.491	29.399	78	2.650,0	9,00
	28	74	»	25.096	2.265	27.361	76	2.582,1	9,43
Totaux	6	396	3.624	162.460	25.820	191.904	557	18.924,0	9,34
Moyenne par charge	...	66	604	27.077	4.306	31.987	93	3.154,0	9,34
Four n° 3.									
Janvier	6	60	3.624	28.131	4.530	36.285	110	3.737,2	10,29
	10	60	»	28.765	5.119	33.884	120	4.077,0	12,02
	15	70	»	27.633	2.265	29.898	100	3.397,5	11,36
	20	54	»	28.176	2.265	30.441	78	2.650,0	8,70
	25	64	»	28.539	1.812	30.351	72	2.446,2	8,05
	30	76	3.624	25.006	2.265	27.271	110	3.737,2	12,10
Totaux	6	384	7.248	166.250	18.256	191.754	590	20.045,1	10,45
Moyenne par charge	...	64	1.208	27.708	3.042	31.958	98	3.340,8	10,45
Four n° 4.									
Janvier	4	60	»	26.093	6.342	32.435	102	3.465,4	10,68
	8	60	»	29.173	5.436	34.609	112	3.805,2	10,99
	13	60	»	29.173	4.983	34.156	75	2.548,1	7,52
	18	52	»	24.960	2.265	27.225	70	2.378,2	8,56
	23	60	»	25.458	2.265	27.723	71	2.412,2	8,70
	27	70	»	26.364	2.491	28.855	70	2.378,2	8,24
	31	64	»	24.915	2.265	27.180	70	2.378,2	8,75
Totaux	7	426	»	186.136	26.047	212.183	570	19.365,5	9,12
Moyenne par charge	...	61	»	26.591	3.721	30.312	81	2.766,5	9,12
Four n° 5.									
Janvier	5	54	10.872	22.831	4.077	37.780	160	5.436,0	14,24
	9	56	2.718	30.804	4.077	37.599	148	5.028,3	13,25
	14	54	4.530	27.769	4.530	36.829	124	4.212,9	11,43
	18	50	»	26.274	2.265	28.539	100	3.397,5	11,90
	23	50	3.624	23.873	2.265	29.762	110	3.737,2	12,55
	27	65	»	25.232	2 265	27.497	70	2.378,2	8,64
	31	60	»	23.647	2.265	25.912	70	2 378,2	9,17
Totaux	7	389	21.744	180 430	21.744	223.918	782	26.568,3	11,86
Moyenne par charge	...	55 1/2	3.106	25.776	3.106	31.988	111	3.795,5	11,86
Four n° 6.									
Janvier	1	240	»	49.830	21.744	71.574	148	5.028,3	7,03
	13	144	»	56.851	5.979	62.830	165	5.605,9	8,92
	21	60	4.530	55.447	4.530	64.507	200	6.795,0	10,53
	27	74	5.436	53.590	4.530	63.556	243	8.255,9	12,99
Totaux	4	518	9.966	215.718	36.783	262.467	756	25.685,1	9,78
Moyenne par charge	...	....	2.492	53.929	9.196	65.617	189	6.421,2	9,78

Résumé du mois de janvier 1865.

NUMÉROS des fours. (1)	Nombre de charges. (2)	Nombre d'heures (3)	GROS. (4)	GRE-NAILLES. (5)	TERRES. (6)	TOTAL. (7)	Nombre de flasks. (8)	POIDS. (9)	Rendement pour 100. (10)
			kilog.	kilog.	kliog.	kilog.		kilog.	
Four n° 1. .	6	396	3.624	162.460	25.820	191.904	557	18.924,0	9,34
Four n° 2. .	6	386	»	151.930	22.378	174.308	513	17.383,6	9,98
Four n° 3. .	6	384	7.248	166.250	18.256	191.754	590	20.045,1	10,45
Four n° 4. .	7	425	»	186.136	26.047	212.183	570	19.365,5	9,12
Four n° 5. .	7	389	21.744	180.430	21.744	223.918	782	26.568,3	11,86
Four n° 6. .	4	518	9.966	215.718	36.783	262.467	756	25.685,1	9,78
Totaux. . . .	36	2.499	42.582	1.062.921	151.028	1.256.534	3.768	127.971,6	
Moyenne par charge. . .		62	1.182	29.525	4.195	34.902	94	3.008,4	10,29

Dans le tableau précédent, les moyennes pour les colonnes 3, 8, 9, 10 ont été calculées en ne tenant pas compte du four n° 6, qui a été mis au feu au commencement du mois. On peut voir pour ce dernier appareil les conditions de mise en feu. La durée des opérations va en diminuant, pour atteindre à peu près le même nombre d'heures que dans les autres fourneaux ; le rendement va aussi en augmentant : les pertes, pendant les deux ou trois premières opérations, proviennent de ce qu'une partie du mercure filtre au travers de la maçonnerie.

On ne tient pas un compte exact du bois consommé par chaque four, ce n'est qu'à l'inventaire qu'on connaît la dépense totale ; cependant des expériences répétées ont montré que la consommation était de 5 à 6 cordes de bois par opération dans les fourneaux 1, 2, 3, 4, 5, et 6 cordes et demie dans le four n° 6. D'après cela, on brûlerait de $0^{m^3},585$ à $0^{m^3},702$ par tonne de minerai pour les premiers, soit $0^{m^3},635$ par 100 kilog. de mercure et $0^{m^3},360$ par tonne de minerai pour le dernier, soit $0^{m^3},368$ par 100 kilog. de mercure. Ce chiffre est un peu élevé, puisque le rendement des premières charges est inférieur aux suivantes.

Le grand condenseur des fours 3, 4, 5 communique par un long canal de 100 mètres de long et de $0^m,80$ de diamètre adossé à la montagne, à une cheminée de 10 mètres de haut; la différence de niveau est de 50 mètres. Dans le bas se trouve un foyer d'appel continuellement en activité, qui consomme une corde de bois ($3^{m3},635$) par jour, et qu'on doit ajouter à la dépense des 3 fourneaux.

La cheminée du four n° 6 a environ 50 mètres de long, et l'appel des gaz est déterminé par une différence de niveau de 25 mètres.

Le four n° 5 a été fait à contrat, à raison de 5.519,75 dollars, ou $28.426^f,71$. Le four n° 6 et le grand condenseur ont coûté, tout compris, environ 15.000 dollars, soit : 77.250 francs.

On peut résumer comme suit les avantages de fourneaux à grandes dimensions, comme celles du four n° 6 :

1° Consommation moindre de combustible ($0^{m3},283$ de moins par tonne, ou $2^f,08$) ;

2° Nombre de fours plus petit pour une production donnée, et par conséquent diminution des frais d'amortissement;

3° Avec le même nombre de fourneaux on peut travailler des minerais plus pauvres, et diminuer ainsi les frais de cassage et triage, qui sont très-élevés ($41^f,62$ par tonne); il est vrai que dans ce cas les dépenses de transport, de chargement et déchargement des fours seront augmentés, mais jamais dans cette proportion; d'ailleurs, par le fait du traitement de minerais moins riches, la production sera plus grande et le prix de revient plus bas;

4° Enfin, en travaillant des minerais pauvres le rendement sera meilleur, car la chaux contenue dans ceux-ci se trouvera en excès, ce qui n'arrive pas pour des minerais riches; il est probable qu'alors les poussières retirées des condenseurs seront en moins grande quantité, et les résidus du traitement plus pauvres.

Le mercure qui s'écoule des différentes parties des fourneaux et des condenseurs se réunit dans de grandes chaudières en fonte placées à l'extrémité des fours la plus rapprochée du foyer; l'ouvrier peut ainsi surveiller facilement ce dernier et mettre le mercure en flasks. Ceux-ci sont en fonte; vides, ils pèsent 5k,890, pleins, 34k,650, c'est-à-dire qu'ils contiennent 28k,760 de métal; ils coûtent neufs 10fr.30 pièce, rendus à l'usine.

Les briquettes faites avec les terres sont données à l'entreprise, à raison de 20f,60 le mille.

Aucun essai n'a été fait régulièrement à Almaden pour constater la perte en mercure au traitement métallurgique; on suppose, sans preuves à l'appui, qu'elle a été de 1 à 1 1/2 p. 100 du rendement donné en vase clos, avec mélange préalable de la chaux éteinte.

Production. — Pendant les 31 mois qui se sont écoulés depuis le 1er février 1861 jusqu'au 31 août 1863, la production de l'usine a été la suivante :

		kil.		kil.		p. 100
Du 1er février 1861, au 1er février 1862,	on a passé	5.595.786	de minerai qui ont produit	931.881,	soit	16,65
Du 1er février 1862, au 1er février 1863,	*id.*	6 927.568	*id.*	1.129.175,	*id.*	16.30
Du 1er février 1863, au 31 août 1863,	*id.*	3.251.352	*id.*	498.008,	*id.*	15.31
Totaux : 31 mois.		15.774.706	. . . .	2.559.064,	. .	16.22

Du 1er novembre 1863 au 1er novembre 1864, voici quelle a été la production des différents fourneaux :

MOIS.	Nombre de charges.	GROS.	GRE-NAILLES.	TERRES.	TOTAL.	Nombre de flasks.	POIDS.	Rendement pour 100.
Four n° 1.								
		kilog.	kilog.	kilog.	kilog.		kilog.	
Novembre 1863	3	»	70.170	25.776	95.946	399	13.556	14,12
Décembre	5	»	123.216	44.620	167 836	669	22.729	13,54
Janvier 1864	4	»	104.145	34.609	138.754	506	17.181	12,39
Février	4	»	106.274	21.744	128.018	467	15.866	12,39
Mars	5	2.627	154.654	23.420	180.701	875	29.728	16,45
Avril	5	3.624	137.078	33.069	173.771	710	24.122	13,88
Mai	5	7.339	128.788	31.121	167.248	631	21.430	12,81
Juin	5	»	136.262	31.710	167.972	679	23.069	13,73
Juillet	5	3.760	135.447	28.176	167.383	736	25.098	14,93
Août	5	8.199	132.140	27.180	167.519	816	27.723	16,54
Septembre	5	2.084	133.680	25.368	161.132	664	22.559	14,00
Octobre	5	1.948	137.848	26.274	166 070	613	20.827	12,54
Totaux	56	29.581	1.499.702	353.067	1.882.350	7.765	263.814	14,01
Moyenne par charge	...	528	26.780	6.304	33.612	138	4.714	14,01
Four n° 2.								
Novembre 1863	3	»	69.580	23.375	92.955	422	14.537	15,42
Décembre	4	»	99.162	36.466	135.628	543	18.448	13,60
Janvier 1864	5	»	127.927	43.669	171.596	619	21.030	12,25
Février	4	»	104.371	22.016	126.387	434	14.745	11,66
Mars	5	»	152.570	25.685	178.255	675	22.933	12,85
Avril	4	»	105.957	26.908	132.865	504	17.123	12,88
Mai	5	»	130.826	31.710	162 536	529	18.973	11,05
Juin	5	»	135.492	31.710	167.202	622	21.132	12,63
Juillet	5	»	136.172	28.992	165.164	721	24.495	14,80
Août	5	»	140.656	28.086	168.742	758	26.093	15,46
Septembre	5	»	135.537	26.274	161.811	587	19.943	12,32
Octobre	6	»	161.268	32.163	193.431	612	20.793	10,75
Totaux	56	»	1.499.518	357.054	1.856 572	7.036	240.016	12,92
Moyenne par charge	...	»	26.777	6.376	33.153	125	4.286	12,92
Four n° 3.								
Novembre 1863	4	7.338	98.301	45.300	150.939	509	17.293	11,45
Décembre	5	9.739	119.501	46.931	176.171	743	25.248	14,33
Janvier 1864	5	12.231	140.792	25.866	178.889	710	24.122	13,48
Février	4	2.038	131.506	15.583	149 127	561	19.060	12,77
Mars	5	28.765	143.737	14.134	186.636	1.035	35.164	18,84
Avril	4	71.800	88.199	11.139	171.188	1.305	44.347	25,89
Mai	5	39.441	119.683	23.727	182.851	1.025	34.834	25,32
Juin	5	8.516	144.598	24.915	178.029	702	23.850	13,39
Juillet	6	3.262	174.178	24.417	201.857	1.189	40.396	17,47
Août	6	25.594	180.113	22.650	228.357	1.121	38.086	16,67
Septembre	6	19.026	176 987	23.103	219.116	945	32.106	14,65
Octobre	7	21.518	204.620	25.368	251.506	1.025	34.824	13,84
Totaux	62	249.238	1.722.215	303.193	2.274.646	10 870	369.315	16,23
Moyenne par charge	...	4.019	27.777	4.890	36.686	175	5.956	16,23
Four n° 4.								
Novembre 1863	3	»	46.477	62.378	108.855	274	9.309	8,55
Décembre	4	7.746	92.276	40.408	140.430	481	16.342	11,63
Janvier 1864	5	»	140.294	33.024	173.318	546	18.550	10,70
Février	4	»	130.237	16.036	146.273	517	17.565	12,00
Mars	5	21.200	146.319	14.949	182.468	868	29.490	16,16
Avril	4	9 513	127.610	14.632	151.755	733	24.904	16,41
Mai	5	27.859	126.840	25.549	180.248	812	27.588	15,35
Juin	5	6.342	145.594	25.685	177.621	675	22.933	12,91
Juillet	6	10.645	188 720	24.915	224 280	820	27.859	12,42
Août	6	15.402	171.506	23.284	210.192	841	28.573	13,59
Septembre	6	3.397	186.772	24.009	214.178	766	26.025	12,15
Octobre	7	12.005	206.976	26.591	245.572	820	27.819	11,34
Totaux	60	114.109	1.709.621	331.460	2 155.190	8.153	276.997	12.85
Moyenne par charge	...	1.901	28.494	5.524	35.919	136	4.616	12,85

Suite du tableau précédent.

MOIS.	Nombre de charges.	GROS.	GRENAILLES.	TERRES.	TOTAL.	Nombre de flasks.	POIDS.	Rendement pour 100.
Four n° 5.								
		kilog.	kilog.	kilog.	kilog.		kilog.	
Mai 1864	1	»	18.120	11.325	29.445	25	849	2,88
Juin	5	2.718	147.904	27.633	178.255	699	23.749	13.32
Juillet	6	25.821	198.323	24.009	248 153	1.335	45.357	18,27
Août	6	24.009	189.444	22.741	236.194	1.128	38.324	16,22
Septembre	6	25.441	173.499	22.660	221.560	985	33.465	15,10
Octobre	6	27.633	172.367	21.608	141.608	954	31.783	14,31
Totaux	30	105.592	899.657	129.966	1.135.215	5.126	173.477	15,28
Moyenne par charge	...	3.519	29.989	4.332	37.839	171	5.783	15,28

RÉSUMÉ.

Production générale pendant l'année 1863-64.

FOURS.	Nombre de charges.	GROS.	GRENAILLES.	TERRES.	TOTAL.	Nombre de flasks.	POIDS du mercure.	Rendement pour 100.
		kilog.	kilog.	kilog.	kilog.		kilog.	
Four n° 1	56	29.581	1.499.702	353.067	1.882.350	7.765	263.814	14,01
Four n° 2	56	»	1.499.518	357.054	1.856.572	7.036	240.046	12,92
Four n° 3	62	249.238	1.722.215	303.193	2.274.646	10.870	369.315	16,23
Four n° 4	60	114.109	1.709.621	331.460	2.155.190	8.153	276.997	12,85
Four n° 5	30	105.592	899.657	129.966	1.135.215	5.126	173.477	15,28
Mercure trouvé dans les fondations des anciens fours	»	»	»	»	»	627	21.302	»
Totaux	264	498.520	7.330.713	1.474.740	9.303.973	39.577	1.344.951	14,22
Moyenne par charge	...	1.888	23.980	5.586	31.454	147	5.014	14,22

D'après le tableau précédent, on voit que les mines produisent les différentes qualités de minerai dans les proportions suivantes :

Gros	6,00
Grenailles	76,24
Terres	17,76
	100,00

On peut admettre que les terres contiennent 5 p. 100 de mercure, ce qui porterait la teneur des gros et des grenailles à 18,31 p. 100.

Prix de revient. — Les dépenses pour toute l'usine, pendant l'année que nous considérons, ont été les suivantes :

Surveillance			13.327,05
Transports			43.567.43
Entretien et travaux divers.	Maçons	3.654,18	163.170,04
	Charpentiers	18.892,71	
	Machinistes et forgerons	33,375,39	
	Main-d'œuvre diverse	107.247,76	
Fourneaux.	Contre-maîtres	17.987,46	91.491,88
	Maçons	1.913,42	
	Main-d'œuvre aux fours	42.015.41	
	Chargeurs des fours	16.898,68	
	Déchargeurs des fours	6.210,57	
	Façon des briquettes 313.900, à 20f,60 le 1000	6.466.34	
Main-d'œuvre au four n° 6			20.347,37
			331.948,77

En rapportant ces dépenses (à l'exception de celles nécessitées par la construction du four n° 6) à la tonne de minerai passé au four et aux 100 kilos de mercure produit, nous aurons les chiffres qui suivent :

		Dépenses reportées à la tonne de minerai. fr.	Dépenses rapportées aux 100 kilog. de mercure. fr.
Surveillance		1,43	0,99
Transports		4,68	3,24
Entretien et travaux divers		15,09	10,44
Fourneaux.	Contre-maîtres	1,71	1,33
	Maçons	0,19	0,13
	Main-d'œuvre aux fours	4,512	3,1
	Chargeurs	1,81	1,26
	Déchargeurs	0.66	0,45
	Façon de briquettes	0,69	0,48
	Totaux	30,77	21,44

Considérations économiques. — Pendant l'année commençant au 1[er] novembre 1863 et finissant au 1[er] novembre 1864, les dépenses de toutes natures de la mine et de l'usine ont été les suivantes :

Novembre 1863				110.580,82
Décembre				142.119,64
Janvier 1864				155.789,85
Février				176.068.83
Mars				151.837,66
Avril				365.763,70
Mai				419.127,04
Juin				373.750,71
Juillet				249.963,61
Août				297.476,89
Septembre.	Mine.	Main-d'œuvre, exploitation	201.703,28	295,875,31
		Travaux extraordinaires	3.846,69	
	Usine.	Fourneaux	8.880,34	
		Main-d'œuvre diverse	26.033,78	
	Fournitures, transports, dépenses diverses		55.411,22	
Octobre.	Mine et usine		319.036,21	398.170,52
	Fournitures, transports, dépenses diverses		79.134,31	520.205,35
Mine Enriqueta				»
			Total	3.626.732,95

A ces dépenses il faut ajouter les frais de gérance, de bureaux, tant à New-York qu'à San-Francisco ; je ne crois pas m'écarter beaucoup de la vérité en les portant à 250.000 francs. D'après cela, les déboursés totaux de l'année auraient été de 387.673[f],95.

	fr.
La tonne de minerai passée aux fourneaux revient donc à	416,67
Les 100 kilog. de mercure	288.24

Le compte suivant montre la nature des diverses fournitures et dépenses diverses pendant les 8 mois compris entre le 1[er] novembre 1863 et le 30 juin 1864 :

		fr.	
Frais généraux.	Administration, bureaux. .	166.666,00	207.686,43
	Appointements à la mine et à l'usine.	32,985,60	
	Dépenses diverses.	8.034,83	
Mine.	Exploitation.	1.213.039,87	1.255.831,93
	Travaux extraordinaires. .	45.792,06	
Usine.	Main-d'œuvre aux fours. .	55.667,06	191.744,36
	Main-d'œuvre diverse. . .	136,077,30	
Transports de mercure à Alviso ou San Jose et de matériaux de San Francisco.			29.487,68
Fournitures.	Fer, 13.880 kilog.	11.916,15	416.326,72
	Acier, 4.455 kilog.	10,607,39	
	Quincaillerie.	23.584,40	
	Bougies pour éclairage (mine), 16.562 kilog. . . .	31.378,68	
	Fondu de mine, 7.961 kilog.	27.642,19	
	Etoupilles, 28.332 métres. .	7.225,91	
	Sacs à minerai, 4.125. . . .	47.094,67	
	Huile pour les machines, 1.370 litres.	2.072,63	
	Boisages (mine), 11.639 pièces.	7.375,06	
	Bois à feu (usine), 4.742 mètres cubes.	34.846,40	
	Chaux, 9.422 kilog.	869,22	
	Sable, 56 tonnes.	402,68	
	Houille (forge, etc.), 48.486 kilog.	9.155,93	
	Bois de construction. . .	28.925.12	
	Bardeaux pour toitures, 57.250	952,20	
	Lambourdes, 610.	141,48	
	Achats de flasks vides, 15.189.	120.008,54	
	Divers.	52.133,07	
Construction du four n° 15.			28.458,79
		Total.	2.129.535,91

Pendant ces huit mois, on a passé 5.230.138 kilog. de minerai, qui ont produit 731.602 kilog. de mercure. Si nous

ne tenons pas compte du coût de la construction du four n° 5, nous aurons les chiffres suivants :

		Frais rapportés à la tonne de minerai. fr.	Frais rapportés aux 100 kilog. de mercure. fr.
Frais généraux		39,70	28,38
Mine.	Exploitation	231,91	165,80
	Travaux extraordinaires	8,18	5,84
Usine.	Main-d'œuvre aux fours	10.64	7,61
	Main-d'œuvre diverse	26,01	18.60
Transports		5,63	4,03
Fournitures diverses		79,41	56,90
	Totaux	401,48	287,16

Ces prix de revient diminueront à l'avenir, car ils sont grevés pour cette année des frais de construction du four n° 5 et d'une partie du four n° 6, du chemin de fer de la mine à l'usine; en outre, tous les grands travaux de recherches sont presque terminés, on peut estimer que pour l'année 1865 les 100 kilog. de mercure reviendront à 200 francs, pour diminuer encore et atteindre probablement le chiffre de 150 francs.

Fonds de roulement. — Pendant la construction du chemin de fer de la mine à l'usine et du four n° 6, le fonds de roulement pour les différents travaux était de 60.000 dollars (309.000 francs) par mois; mais on pense que quand ils seront achevés il suffira de 40.000 dollars (206.000 francs) pour une production de 5.000 flacks par mois (143.800 kilog.). L'intérêt de l'argent, avancé par les banquiers de San-Francisco, varie de 1 à 1 1/2 p. 100 par mois.

Capital social. Intérêt. — Le capital nominal de la compagnie est de 10 millions de dollars (51.546.392 francs); mais ce fonds social, comme celui de toutes les associations montées depuis la guerre civile des États-Unis, est en papier-monnaie (greenbacks), dont le cours est très-variable. A l'époque de la formation de la compagnie de New-

Almaden, l'or de New-York était à 220 francs, c'est-à-dire que le papier-monnaie ne représentait que les 45,45 p. 100 de sa valeur nominale. Le capital nominal n'est donc par le fait que de 23.427.835 francs.

Supposons que le chiffre de 288f,24 représente exactement les frais nécessités pour la production de 100 kilos de mercure. Les prix de vente sur le marché de San-Francisco sont de 739f,51 les 100 kilog. pour l'usage local et 654f,09 pour l'importation. Or, pendant l'année 1864, la production de New-Almaden a été de 42.820 flacks de 28k,760, et l'exportation de 36.927 flasks ; on a donc consommé ou vendu en Californie 5.893 flasks, ce qui porte le prix moyen de vente à 661f,90. En calculant sur cette base, les bénéfices pendant l'année 1863-64 auraient été de 661f,90—288f,24 = 373f,66 par 100 kilog. de mercure, soit 5.025.543f,91, ou 21,45 p. 100 du capital.

MINES DE MERCURE EN CALIFORNIE.

Outre les mines de New-Almaden, il existe en Californie plusieurs autres exploitations de mercure. Nous avons vu que la mine Enriqueta était temporairement non travaillée. Il en est de même de celle de New-Idria, à 60 milles au sud-est dans le comté de Fresno ; sa production n'a jamais été bien considérable, et sa distance de tout point central en diminue encore l'importance ; un procès est cause de la suspension actuelle des travaux.

La mine de Guadalupe, à 2 milles d'Almaden, est abandonnée.

Dans le comté de Santa-Barbara, au sud de San-Francisco, on a commencé des travaux sur un gisement de cinabre qu'on dit très-riche, mais qui n'a pas encore donné de produits.

Enfin, sur plusieurs autres points de la Californie, on a trouvé des dépôts de même nature, mais leur importance comme production a été nulle jusqu'ici.

Production. — Il m'a été impossible de me procurer le tableau de la production générale du mercure en Californie depuis 1853 ; mais on aura une idée de son importance par le chiffre des exportations.

Années.	kilog.			
1853	539.560	provenant de New-Almaden.		
1854	601.638	*id.*	*id.*	
1855	781.265	*id.*	*id.*	
1856	682.762	*id.*	*id.*	
1857	784.054	*id.*	*id.*	et New-Idria.
1858	694.323	*id.*	*id.*	*id.*
1859	97.755	Séquestre de New-Almaden.		
1860	268.848	provenant de New-Idria, Enriqueta et Guadalupe.		
1861	1.035.216	provenant de New-Almaden, New-Idria, Enriqueta et Guadalupe.		
1862	970.563	provenant de New-Almaden, New-Idria, Enriqueta et Guadalupe.		
1163	748.162	provenant de New-Almaden et Enriqueta.		
1864	1.062.020	*id.*	New-Almaden seulement.	
	8.266.166			

Pendant les six dernières années, l'exportation s est distribuée de la manière suivante :

ANNÉES.	1859	1860	1861	1862	1863	1864
	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
New-York et Boston	7.190	11.504	17.256	65.141	2.732	42.996
Angleterre.	»	»	71.900	43.140	30.544	16.275
Mexique (San Blas et Mazatlan).	2.962	111.761	346.874	425.015	333.328	215.211
Chine.	30.716	78.083	396.543	250.951	255.648	513.794
Perou.	16.422	21.570	80.643	98.916	97.094	123.668
Chili.	26.747	29.910	59.217	50.215	14.580	76.904
Amérique centrale.	»	»	3.163	1.150	1.150	863
Japon	»	»	1.438	719	»	7.535
Australie.	9.347	2.876	53.206	23.008	8.628	2.876
Panama.	3.825	3.739	1.639	12.194	3.451	1.294
Victoria.	547	9.405	3.337	114	1.207	694
Totaux.	97.755	268.848	1.035.216	970.563	748.162	1.062.020

Pour avoir la production totale des mines de mercure en Californie, il faudrait ajouter aux chiffres de l'exportation ceux de la consommation locale. On peut évaluer cette dernière à 120.000 kilos par an jusqu'à la découverte des mines de Washoe et leur mise en exploitation régulière en 1860, et à partir de cette époque, 180.000 kilos par année. Les nouvelles mines de cinabre auraient donc produit, dans l'espace de douze ans, près de 10 millions de kilogrammes de mercure.

Prix du mercure. — Lorsque la mine de New-Almaden commença à produire du métal, celui-ci fut mis en vente à San-Francisco au prix de 450 francs les 100 kilos, afin de faire disparaître la concurrence étrangère. Le but atteint, le prix augmenta; il était de 560 en 1855. A l'époque du séquestre d'Almaden, il arriva à 640. On aurait pu croire qu'il diminuerait avec une plus grande production; il n'en fut rien, puisque actuellement les tarifs de vente sont de 759f,51 pour l'usage local et 654f,09 pour l'exportation. A moins d'une augmentation considérable dans la consommation du mercure, ces prix se maintiendront encore pendant longtemps; quelques baisses momentanées auront lieu, elles seront faites par la compagnie de New-Almaden, et n'auront pour but que d'empêcher la concurrence des autres mines de mercure du pays.

Le tableau suivant donne, en dollars, la valeur du mercure importé en Californie jusqu'en 1852, époque à laquelle les importations ont cessé.

Années.	dollars.
1840	43.513
1841	59.587
1842	30.321
1843	35.114
1844	77.464
1845	54 993
1846	155.313
1847	143.078
1848	2.092
1849	21.979
1850	79.350
1851	62.767
	766.071

Considérations générales sur les conditions économiques des mines de mercure en Californie. — Les mines de mercure en Californie, à l'exception de celle dont je me suis occupé dans ce rapport, sont des affaires peu sûres au point de vue économique. J'ai fait remarquer que l'exploitation des gisements de cinabre, qui partout présentent les mêmes caractères, est très-difficile, demande une grande connaissance de ces gîtes irréguliers, et exige l'emploi d'ouvriers habiles comme les Mexicains et les Chiliens. Il est démontré que les dépôts, quelquefois très-riches, qu'on a trouvés en différents points de la Californie, ont été vite épuisés, et qu'on n'a pu en retrouver la continuation par manque de pratique dans les recherches de ce genre. Mais quand bien même ces accidents n'auraient pas entravé l'exploitation, ces entreprises n'en auraient pas moins périclité. Des affaires semblables demandent de très-forts capitaux et beaucoup de patience. New-Almaden, avec son immense production, tous ses grands travaux terminés, la mine Enriqueta qui va entrer en exploitation, peut faire baisser le prix de vente du mercure de manière à empêcher pour longtemps une compagnie rivale de s'établir solidement. En 1865 la production va être portée à 5.000 flasks par mois

(143.800 kilog.), soit plus de 1.700.000 kilog. par année; dans deux ans, elle pourra facilement atteindre 3 millions de kilogrammes. Avec une production pareille toute concurrence est impossible, à moins que les exploitations des mines d'or et d'argent du Mexique prennent un immense développement; mais en supposant ce dernier aussi grand que celui de la Californie, on peut assurer que cette époque est encore assez éloignée.

Les chiffres donnés plus haut montrent l'importance des mines de mercure de Californie, qui produisent maintenant autant que toutes les exploitations de l'ancien monde réunies. Leur production n'a pour limite que la consommation, et lorsque la main-d'œuvre diminuera, ce métal pourra supplanter sur les marchés d'Europe celui qu'on extrait des anciennes mines d'Almaden, d'Idria, etc.

DU MERCURE EN AMÉRIQUE.

Il peut être intéressant de placer ici quelques renseignements sur les mines de mercure des deux Amériques; ces notes ont été prises dans l'ouvrage du professeur Whitney intitulé *Metallic Wealth of the United States.*

Pérou. — Les mines du Pérou ont été, jusqu'en 1853 (époque de la publication de l'ouvrage), la source principale du mercure pour le continent américain. Les gisements de cinabre y sont nombreux; mais les plus importants sont dans la province de Huancavelica. La mine la plus renommée est celle de Santa-Barbara, que les habitants appellent la *grande mine.* Elle est travaillée depuis 1856; sa production a beaucoup baissé et n'excède pas 50.000 kilog. par an.

Selon Humboldt, cette mine a produit, de 1570 à 1789, 1.040.452 quintaux de métal. A raison de 375f,95 le quintal. prix auquel le vendait le gouvernement qui avait le monopole de ce commerce, cette quantité représenterait une valeur de 391.164.423 francs. La production annuelle

moyenne était d'environ 6.000 quintaux; elle arriva dans les meilleures années à 10.500. De 1790 à 1845, elle a été environ de 66.000 quintaux.

Il y a d'autres mines exploitées au Pérou, mais elles sont moins importantes que celles de Huancavelica. La production totale de ces mines est d'environ 203.000 livres par an, c'est-à-dire moitié de celle de Santa-Barbara.

Le mercure s'est trouvé aussi dans plusieurs autres parties de l'Amérique du Sud, mais dans aucun point ces gise ments ne paraissent avoir de l'importance. Humboldt mentionne la présence du cinabre dans la Nouvelle-Grenade.

Mexique. — Le Mexique contient plusieurs gisements de cinabre non exploités. Humboldt et Saint-Clair Duport mentionnent les points suivants comme les plus importants : Gigante, près de Guanajuato; Rincon de Centeno, près Queretaro; Durasno, dans la Pierra de Pinos, et autres points dans la province de San-Luis de Potosi; Melilla, dans celle de Zacatecas, et El-Doctor, dans celle de Queretaro. Les rares mines travaillées ne donnent qu'une faible quantité de métal, qu'on ne peut pas fixer.

États-Unis. — Dans les États-Unis situés sur la rive gauche du Mississipi, on ne connaît pas de gisements de cinabre. Il paraît qu'on en a découvert dans le Nouveau-Mexique, à 40 milles environ au nord de Santa-Fé, mais les principaux sont ceux de Californie.

En terminant ce travail, je me fais un devoir de remercier M. Butterworth, gérant de la compagnie de New-Almaden, et M. Hawley, ingénieur de la mine, des facilités de tous genres qu'ils m'ont données pour la visite des travaux et la réunion des documents qui précèdent.

NOTE

SUR LES PRISES DE GAZ ET LES APPAREILS DE CHARGEMENT DES HAUTS FOURNEAUX.

Par M. LEMONNIER, chef du service des hauts fourneaux et de la forge d'Aubin (Aveyron).

En lisant l'intéressante notice de M. Jordan sur quelques appareils nouveaux de prise de gaz et de chargement des hauts fourneaux (*Annales des mines*, t. VII, 1865), je me suis reporté à l'époque où j'ai moi-même étudié cette question sous les inspirations de M. Callon, ingénieur en chef des mines. C'est en 1860 que les premiers essais ont été faits sur le fourneau n° 5, et tout d'abord nous avons eu la pensée de charger le combustible au centre du fourneau et de projeter au contraire les minerais vers la circonférence.

L'allure difficile de nos fourneaux, caractérisée souvent par des laitiers noirs, indice d'une réduction incomplète, attestée du reste par une consommation élevée de coke à la tonne de fonte et par une faible production, était l'objet de nos préoccupations.

Les motifs qui m'ont alors guidé et m'ont conduit à une modification radicale de nos prises de gaz ont été les motifs généraux que M. Jordan fait ressortir et notamment :

La tendance des gaz à suivre les parois vers lesquelles ils sont sollicités par une issue plus libre due à la tendance des matières les plus lourdes à se porter vers le centre et à abandonner les parois.

La consommation plus élevée de combustible, par la tendance contraire du coke à se porter vers la circonférence où il brûle en pure perte à des hauteurs trop grandes.

Ces motifs généraux avaient d'autant plus de valeur à Aubin que nous y traitons des minerais alumineux, qui exigent une préparation plus longue et un contact avec les gaz réducteurs plus complet.

Ces inconvénients graves que nous rencontrions malgré la prise de gaz centrale (inconvénients dus apparemment à des causes particulières) nous ont donc amenés à une transformation de nos appareils de prise de gaz, ayant pour objet l'introduction du coke au centre du fourneau et des minerais vers la circonférence. Les fragments les plus gros se rapprochant du centre et les fragments menus restant vers les parois, nous comptions trouver ainsi une répartition plus égale des gaz dans toute la masse, favorisant essentiellement le traitement de nos minerais alumineux.

DESCRIPTION DE L'APPAREIL.

Les parois de la cuve à $0^m,900$ en dessous du niveau de la plate-forme du gueulard ont été percées de vingt-deux orifices de sortie des gaz *d*, débouchant toutes dans une conduite commune ou anneau circulaire *e*, régnant autour du fourneau (Pl. X, *fig*. 6 et 7).

a est une cuve conique fixe, en fonte, s'appuyant sur les parois du fourneau avec rebord sur le niveau de la plate-forme.

b tronc de cône mobile descendant dans le fourneau lors du chargement et fonctionnant par les tringles *r* et par le levier *p*. Au repos l'intersection du tronc de cône mobile avec les parois de la cuve fixe, fait office de fermeture complète des gaz, et leur inclinaison en sens inverse, forme une rigole circulaire à section triangulaire qui reçoit la charge en minerais. Par son inclinaison vers les parois de la cuve, le cône en descendant projette les matières vers la circonférence.

Au milieu de la partie plane du tronc de cône mobile se trouve une ouverture *c* pour l'introduction du coke; cette

ouverture est recouverte au repos par une plaque jouant horizontalement dans deux rainures parallèles ; cette plaque se manœuvre très-facilement.

Le wagon à coke qui figure sur le dessin, se décharge par le bas et sa charge entière tombe directement au centre du fourneau par l'ouverture ménagée à cet effet.

Dans ces nouvelles conditions de marche le rendement des minerais qui était de 25.63 p. 100 s'est élevé à 28.11 p. 100 en traitant exactement les mêmes matières, et la consommation de coke a diminué de 326 kilog. à la tonne de fonte. L'allure du fourneau s'est régularisée et la production a augmenté de 15 p. 100.

Après des résultats si concluants, cette nouvelle transformation a été faite successivement et en très-peu de temps sur tous nos fourneaux, sauf au n° 4 pour une cause que nous tenons également à faire connaître.

Après la transformation de la prise de gaz du fourneau n° 5, nous avons abandonné complétement celle du n° 4, voulant nous rendre compte de l'influence des prises de gaz sur l'allure générale des hauts fourneaux. Nous étions au reste sollicités vers cette étude par l'exemple d'une usine, celle de Decazeville, qui, consommant mêmes combustibles et minerais analogues, venait d'abandonner l'emploi des gaz qu'elle essayait sur plusieurs de ses hauts fourneaux.

Les fourneaux n°s 4 et 5, de même dimension, de même profil, consommant exactement les mêmes cokes, les mêmes minerais, ont marché dans des conditions identiques pendant deux années consécutives, le n° 4 à gueulard ouvert, le n° 5 à gueulard fermé.

Après cette épreuve prolongée, nous avons acquis cette certitude que si la marche du n° 4 à gueulard ouvert a été un peu plus favorable comme consommation de coke et comme rendement de minerais, la supériorité de son prix de revient, sous ce rapport, a été bien loin de compenser

les dépenses en combustible de sa soufflerie et de son air chaud.

Avec les mêmes matières premières, le rendement du lit de fusion du n° 4 était de 0,85 p. 100 plus élevé que celui du n° 5, et sa consommation de coke inférieure de 60 kilog. à la tonne de fonte.

J'ajouterai d'ailleurs qu'ayant ensuite fermé le gueulard du fourneau n° 4, la marche est restée sensiblement la même qu'auparavant ; l'avantage était donc dû, moins au gueulard ouvert, qu'à quelques circonstances particulières difficiles à préciser.

Aujourd'hui, tous les gueulards sont fermés et les gaz suffisent pour la soufflerie et l'air chaud, sans consommation appréciable de combustible, et malgré des difficultés spéciales dues à la mauvaise qualité des eaux qui rendent le service des chaudières à vapeur difficile. Cet état de choses sera d'ailleurs bientôt modifié, la compagnie faisant au Lot, distant de 9 kilomètres, une prise d'eau pour amener à l'usine les eaux de cette rivière.

Il en résultera une grande amélioration pour tous les générateurs à vapeur et par suite un notable excès de gaz qui trouvera son emploi dans diverses applications, et entre autres dans l'installation de concasseurs pour minerais et castine que nous étudions en ce moment.

Grâce à ces modifications, et aidée d'ailleurs par quelques améliorations du lit de fusion, l'usine d'Aubin qui marchait précédemment avec cinq hauts fourneaux, obtient aujourd'hui, de trois fourneaux seulement, la même production.

BULLETIN (*).

Enquête sur les conditions sanitaires des ouvriers travaillant dans les mines du Royaume-Uni.

Une grande publicité a été donnée, en Écosse, au rapport qu'a récemment présenté la commission chargée d'une enquête sur la condition des mines dans le Royaume-Uni.

On n'ignore pas à quelle variété d'accidents sont exposés les ouvriers qui sont employés dans les exploitations souterraines : 1.133 morts violentes, dont 400 avaient été causées par des explosions de gaz et 733 par des éboulements et des accidents de toute nature, ont été enregistrées, en 1862, dans les mines de ce pays. En 1863, on a compté dans l'ensemble de la Grande-Bretagne, un décès par 740.000 tonnes de minerais amenées à la surface, et la moyenne, en Écosse, par million de tonnes extraites, est de 6 pour les charbonnages et de 12 pour les mines de fer.

Bien que les commissaires dont le travail a paru dans les derniers jours d'octobre se soient aussi préoccupés, dans une certaine mesure, de la fréquence et de la gravité de ces accidents, leur mission consistait surtout à rechercher les moyens d'améliorer la condition sanitaire dans les mines et de diminuer la mortalité de ceux qui y travaillent. Leur examen devait plus spécialement porter sur celles de ces exploitations, les mines de métaux notamment, auxquelles ne se sont pas appliquées jusqu'ici les dispositions de la loi en vigueur (art. 23 et 24 Vict., chap. 151).

Il a été constaté que, sur 100 mineurs succombant à une mort naturelle, 53 étaient emportés par des maladies des organes de la respiration et 47 spécialement par l'affection désignée sous le nom d'*asthme du mineur*. Il était facile de conclure de ces chiffres que, parmi les agents destructeurs auxquels doit être attribuée la perte d'un grand nombre de travailleurs, figurent, en première ligne, une ventilation insuffisante ou défectueuse, l'humidité des galeries, la

(*) *Les matériaux qui composent ce bulletin ont, pour la plupart, été extraits de divers documents administratifs par M.* Delesse.

nature même du travail de la mine et les positions le plus souvent gênantes dans lesquelles il s'accomplit. Après s'être appliquée à trouver les mesures propres à atténuer le plus possible les effets de ces causes générales, la commission avait à passer en revue les différentes circonstances qui tendent à les rendre plus dangereux encore, les changements de température auxquels sont exposés les ouvriers en quittant des travaux situés à 3 ou 400 mètres de profondeur, la nécessité où ils se trouvent trop souvent de faire sur des échelles de longues ascensions nuisibles au jeu de leurs poumons; enfin la prédisposition des mineurs à contracter des maladies de poitrine, lorsqu'ils sont employés trop jeunes à l'extraction des minerais.

Le rapport dans lequel se trouvent traités ces différents points est fort étendu, et l'enquête sur laquelle il est basé comprend près de 25.000 dépositions.

On se bornera ici à une analyse très-sommaire des conclusions qui le terminent.

Les commissaires recommandent tout d'abord l'emploi, dans les mines métallifères, de meilleurs systèmes de ventilation, et conseillent de recourir aux procédés en usage dans les houillères, les plus perfectionnés généralement en raison de la nécessité absolue de les débarasser des gaz dangereux qui s'y produisent. Ce sont des pompes foulantes et aspirantes, des chutes d'eau, l'action des vents et autres agents naturels ou artificiels, soit seuls, soit combinés. La commission penche pour la combinaison la plus simple et la plus usitée, qui consiste à établir un courant d'air à travers toute la mine, en échauffant et déplaçant au moyen d'un foyer, la colonne d'air contenue dans l'un des puits.

Quel que soit, d'ailleurs, le mode que l'on adoptera, il est à désirer que chaque mine soit pourvue de plusieurs orifices et que les galeries, percées à un diamètre suffisant, soient reliées entre elles par un plus grand nombre de communications. Pour diriger et régler le mouvement de l'air, il serait utile d'enlever les déblais et de fermer par des portes et par des cloisons les galeries, chambres, puits et ouvrages abandonnés.

Toute exploitation devrait être pourvue de bâtiments où les ouvriers pourraient se sécher et changer de vêtements, et d'autres où les femmes et les enfants prendraient leurs repas.

Les chantiers établis à la surface du sol seront, autant que possible, abrités. Les échelles seront remplacées par des machines destinées à descendre et à remonter les travailleurs (*Man engine*).

Enfin il conviendrait de n'employer aux travaux souterrains que des jeunes garçons âgés de quatorze ans au moins.

Les commissaires expriment aussi l'opinion qu'il suffirait des plus simples précautions pour éviter la plupart des accidents qui se produisent.

Ils émettent à ce sujet les suggestions suivantes :

Interdire l'emploi d'échelles dans les puits servant en même temps à l'extraction des minerais, à moins qu'ils ne soient divisés par des cloisons.

Établir des paliers convenablement espacés qui préviendraient les chutes d'une trop grande hauteur.

Observer les règles les plus strictes en faisant sauter les mines et pourvoir d'outils en cuivre ou en bronze les ouvriers qui sont chargés de pratiquer les trous de mines pour le tirage à la poudre.

Exercer une surveillance plus active sur les travaux souterrains, dont la condition serait constatée chaque jour dans un livre tenu à cet effet.

L'ingénieur de la mine devrait inspecter périodiquement les chaudières et les machines, et rédiger tous les mois, un rapport qui serait produit à l'occasion.

Défendre aux mineurs de changer de vêtements dans l'espace affecté aux machines; en réserver l'entrée à ceux-là seuls qui en ont la charge et la direction.

Munir toutes les chaudières de deux soupapes de sûreté et d'un niveau d'eau ou d'un sifflet d'alarme.

Dresser de tous les ouvrages et galeries abandonnés des plans qui seraient déposés chez l'officier de paix du comté et au bureau central des archives des mines, afin de pouvoir être consultés en cas de reprise des anciens travaux ou d'ouverture de nouvelles exploitations dans leur voisinage immédiat.

Enfin la commission, frappée du nombre considérable d'accidents qui résultent, tant pour la population minière que pour le public en général, de la négligence avec laquelle on laisse sans clôture les puits des mines qui ont cessé d'être exploitées, recommande fortement l'adoption de mesures législatives à cet égard.

Elle est aussi d'avis que le système des sociétés mutuelles chez les mineurs pourrait être notablement amélioré de façon à offrir, en cas de maladie ou d'accident, plus de ressources à ceux qui en font partie.

(*Extrait d'une dépêche de* M. LE CONSUL DE FRANCE *à Glasgow qui résume le rapport de la commission chargée de cette enquête.*)

Statistique des combustibles minéraux dans le royaume de Saxe.

Leipzig, 30 janvier 1866.

L'étude de la production de la houille et du lignite dans le royaume de Saxe, pendant la période de 1858 à 1863, offre un intérêt particulier ; non pas que le nombre des exploitations ait sensiblement augmenté, mais parce que la production s'est accrue dans une proportion marquée, et parce que les prix ont, au contraire, éprouvé une diminution notable.

Ces remarques s'appliquent surtout au bassin principal renfermant les exploitations de Zwickau et de Würschnitz ; car la qualité inférieure des charbons du bassin de Dresde limite de plus en plus la vente à la consommation locale et à celle des environs.

Pour les années 1853, 1858 et 1863, la statistique fournit les données suivantes en chiffres ronds :

	1853	1858	1863
Houille.			
Nombre des exploitations	82	81	87
Production (en hectolitres)	9.718.274	13.913.004	23.082.567
Nombre des ouvriers	7.156	9.330	11.967
Id. des employés	207	422	508
Id. des machines	»	159	180
Force (en cheval-vapeur)	»	3.950	5.300
Chiffres de l'exportation (en quintaux)	2.265.000	4.056.000	7.500.000
Consommation en Saxe (en quintaux)	14.600.000	20.050.000	30.500.000
Rapport (en francs)	6.311.250	12.228.750	12.540.000
Lignite (Braunkohlen).			
Nombre des exploitations	109	160	164
Production (en hectolitres)	2.587.764	4.068.741	6.069.366
Nombre des ouvriers	1.844	2.682	3.389
Id. des employés	61	100	93
Id. des machines	»	21	42
Force (en cheval-vapeur)	»	173	411

Houille. — En ce qui concerne spécialement la houille, le tableau comparatif qui suit donne, pour une période de six années, le nombre des mines ainsi que la surface exploitée dans les quatre grands bassins de la Saxe :

	NOMBRE des exploitations.	SURFACE EXPLOITÉE	
		Acker.	Hectares.
1858			
Bassin de Dresde	7	6.720	3.718
— de Zwickau	62	1.930	1.068
— de Würschnitz	8	1.690	935
— de Flöha	4	3.100	1.162
Totaux	81	12.440	6.883
1859			
Bassin de Dresde	6	6.060	3.353
— de Zwickau	62	1.930	1.068
— de Würschnitz	8	1.860	1.029
— de Flöha	3	390	215
Totaux	79	10.240	5.665
1860			
Bassin de Dresde	8	7.280	4.028
— de Zwickau	63	2.080	1.151
— de Würschnitz	9	2.890	1.599
— de Flöha	5	790	437
Totaux	85	13.040	7.215
1861			
Bassin de Dresde	7	6.580	3.641
— de Zwickau	61	1.940	1.073
— de Würschnitz	9	3.390	1.876
de Flöha	4	780	431
Totaux	81	12.690	7.021
1862			
Bassin de Dresde	7	6.580	3 641
— de Zwickau	64	1.950	1.079
— de Würschnitz	9	3.390	1.876
— de Flöha	5	700	387
Totaux	85	12.620	6.983
1863			
Bassin de Dresde	7	6.580	3.641
— de Zwickau	66	2.240	1.239
— de Würschnitz	9	3.390	1.876
— de Flöha	5	770	426
Totaux	87	12.980	7.180

Le nombre des exploitations ne s'est donc élevé que de 6, et la superficie exploitée que de 299 hectares.

Dans le bassin de Würschnitz, le nombre des exploitations a été toujours croissant jusqu'en 1861; puis il est resté stationnaire.

Parmi les exploitations existant en 1863, une seule appartenait à l'État dans le bassin de Dresde; dix-sept appartenaient à des compagnies, se subdivisant ainsi : trois dans le bassin de Dresde, sept dans celui de Zwickau, et sept dans celui de Würschnitz; soixante-neuf appartenaient à des particuliers.

L'exploitation de l'État a produit 1.694.483 hectolitres. Les dix-sept compagnies ont extrait 10.790.013 hectolitres. Enfin les soixante-neuf particuliers 10.675.800 hectolitres.

Résumé. — De 1853 à 1863, la production de la houille en Saxe s'est élevée de 17 à 38 millions de quintaux et celle du lignite de 3 3/4 à 8 1/2 millions de quintaux.

La consommation dans l'intérieur du royaume a monté, pour la houille, de 1,46 à 30,3 millions, et pour le lignite de 4 1/2 à 10 3/4 millions de quintaux.

Pendant que l'exportation de la houille augmentait dans les dernières années, l'importation du lignite augmentait aussi.

La répartition du chiffre total de la consommation donne, par tête d'habitant, les résultats suivants :

	PAR TÊTE d'habitant de la Saxe.	
	Houille.	Lignite.
	kilogr.	kilogr.
En 1853, environ.	365	112 1/2
En 1863, environ.	665	235
Différence en plus pour 1863. .	300	122 1/2

Le nombre des machines à vapeur fonctionnant dans toute l'étendue de la Saxe était en 1853 de 450 représentant 600 chevaux-vapeur, en 1863 de 1.200 avec une force nominale de 1.800 chevaux-vapeur. Les locomotives en activité en 1853 étaient au nombre de 106 et en 1863 de 230. Ces deux catégories de machines ont consommé ensemble pendant l'exercice 1863, 9.250.000 quintaux de houille et 1.850.000 quintaux de lignite.

Si l'on prend en considération que les établissements industriels les plus importants du royaume n'emploient la houille en général

que pour la production de la vapeur, on est conduit à admettre que l'application des houilles aux usages domestiques a augmenté dans une grande proportion.

L'une des cartes de l'atlas industriel du royaume, dressé sous la direction du docteur Lange, fait connaître d'ailleurs la richesse et la production des bassins houillers de la Saxe.

(*Extrait d'une dépêche adressée à* M. DROUYN DE LHUIS, *Ministre des affaires étrangères, par* M. BARBIÉ DU BOCAGE, *consul de France à Leipzig.*)

Production des houillères de la Prusse.

Stettin, 30 septembre 1865.

L'exploitation des charbons a pris l'année dernière, en Prusse, un grand développement. Les chiffres comparatifs suivants permettront d'apprécier ces progrès, tant à l'égard des principaux bassins houillers du pays qu'en ce qui concerne le pays tout entier.

DISTRICTS MINIERS.	ANNÉES.	TONNEAUX.	VALEUR en francs.	NOMBRE d'ouvriers.
Breslau	1864	4.431.883	24 651.281	21.603
	1863	3.745.907	21.450.875	19.461
Halle	1864	53.350	719 865	390
	1863	41.157	532.309	384
Dortmund	1864	6.315.064	46.355.021	38.666
	1863	5.329.551	37.506.214	33.350
Bonn	1864	2.992.987	31.550.081	19.516
	1863	2.592.425	27.714.596	18.397
Total	1864	13.793.285	103.276.250	80.175
	1863	11.942.429	87.603.994	71.592

Le tableau précédent montre que, comme quantité, la production de 1864 a surpassé de 1.050.855 tonneaux, soit de plus de 15 p. 100 celle de 1863; mais la valeur correspondante a augmenté dans une proportion encore plus forte, car le chiffre de 103.276.250 francs, qui la représente, surpasse de 15.671.880 francs ou de 18 p. 100, le produit réalisé pendant la même année. Il en re-

sulte qu'une légère hausse s'est fait sentir en 1864 sur les prix de vente. On a payé, en moyenne, pour une tonne prussienne (1/16 à peu près du tonneau de France), la somme modique de 9 silb. 11 7/10 pen. ou 1f,24, au lieu de 9 silb. 9 3/10 pen. ou 1f,21 en 1863.

On voit également, d'après le tableau qui vient d'être donné, que les houillères de Dortmund fournissent près de la moitié de la production totale de la Prusse, et que les deux bassins occidentaux réunis en fournissent plus des deux tiers.

(*Extrait d'une dépêche adressée à* M. DROUYN DE LHUYS, *Ministre des affaires étrangères*, *par* M. BLANCHARD DE FARGES, *consul de France à Stettin.*)

---

bustibles du Si-Shan (Chine).

Rapport adressé au gouvernement chinois, par M. A. PUMPELLY (*).

Pékin 1er décembre 1863.

J'ai quitté Pekin le 17 octobre 1863, dans le but d'explorer les districts houillers de Si-Shan. Son Excellence Sir Frédéric Bruce avait eu la bonté de permettre à M. Murray, de la légation anglaise, de me prêter son précieux concours en qualité d'interprète.

La route que nous suivîmes, passant par *Sang-tang*, *Tien-Kiu-Tchewang* et *Chia-ma-ling*, nous conduisit à *Chaï-tang*. Là, pendant une durée de six jours, nous avons examiné les mines qui nous furent indiquées par les autorités locales. En quittant *Chaï-tang*, nous nous rendîmes à Menn-than-Khan, en suivant le cours de la rivière *Whoun ho* jusqu'à *Sann-Kia-tien*. Après être restés quatre jours dans le district houiller de *Menn-shan-tienn*, nous allâmes à *Sang-shaun-shyen*, où nous avons consacré quatre autres jours à visiter les principales mines. De ce point nous revînmes directement à Pékin, où nous arrivâmes le 6 novembre, après une absence qui avait duré en tout vingt et un jours.

Ce voyage avait pour but :

(*) Ce rapport, traduit de l'anglais par M. V. de la Tour du Pin, lieutenant de vaisseau, commandant supérieur à Takou, a été envoyé à M. le comte de CHASSELOUP-LAUBAT, Ministre de la marine, par M. le contre-amiral commandant en chef la division navale des mers de Chine et du Japon.

1° De trouver une localité d'un accès facile, où l'on pût se procurer à un prix peu élevé du charbon propre à l'usage des navires à vapeur;

2° De reconnaître s'il serait nécessaire de faire des travaux pour faciliter les approvisionnements de combustible, et de voir quels seraient ces travaux.

Pour qu'un charbon convienne aux navires à vapeur, il doit présenter les propriétés suivantes (*):

1° Produire promptement la vapeur;

2° En fournir abondamment, relativement à la quantité consumée;

3° Ne pas dégager une fumée épaisse par sa combustion;

4° Avoir une densité suffisante;

5° Ne pas être assez friable pour se briser dans les transbordements;

6° Ne pas contenir de pyrites.

Afin d'apprécier si les charbons des mines que j'ai visitées remplissaient bien les principales conditions qui viennent d'être indiquées, j'ai fait une série d'analyses sur des échantillons provenant des mines les plus importantes. Les résultats en sont indiqués dans le tableau qui est à la page suivante.

Les moyens dont je disposais ne comportaient pas une exactitude rigoureuse, mais je pense que les résultats s'approchent beaucoup de la vérité.

(*) Rapport du professeur W. R. Johnson adressé au département de la marine des États-Unis.

RÉSULTATS des expériences.	Tou-thaa. Bitumineux.	Shuig-shoun. Bitumineux.	Tsing-shoni. Bitumineux.	Tah-tsao. Anthracite dur.	Toh-yi. Anthracite friable.	Tah-chen-tang. Anthracite friable.	Jung-wo. Anthracite mou.	Jung-toi. Anthracite.	Échantillons de Jung-ping-fou. Bitumineux.	Échantillon de Lo-ting. Bitumineux.
Pesanteur spécifique. . . .	1,31	1,28	1,38	1,55	1,78	1,80	1,86	1,87	1,32	1,27
Poids de plomb réduit par 1 kilog. de charbon. . . .	31,15	31,40	29,00	33,40	31,00	31,50	27,70	»	23,00	26,60
Poids d'eau élevé de 32 à 212 degrés Fahr. par la combustion de 1 livre de charbon.	71,10	71,80	66,40	76,40	70,90	72,10	63,40	»	52,60	60,90
Proportion de cendres. . .	4,00	3,00	12,00	3,50	7,00	5,50	15,00	»	21,50	11,00

La première ligne de ce tableau donne la pesanteur spécifique de chaque charbon.

La deuxième ligne indique le poids de plomb qui a été obtenu en réduisant de la litharge par la combustion du charbon. C'est d'après ce poids que l'on a calculé les données de la troisième ligne, qui indique en livres (anglaises) la quantité d'eau que la combustion d'une livre de charbon peut élever de 32 à 212 degrés du thermomètre Fahrenheit.

La quatrième ligne donne la proportion pour cent de cendres laissées par la combustion complète du charbon.

Charbon bitumineux. — Le seul charbon bitumineux que j'aie vu dans ce voyage est celui qui se trouve au voisinage de *Chaï-tang*, et je commencerai par en donner la description.

La mine de Jonh-thao est située à environ 5 lieues à l'ouest-sud-ouest de Chaï-tang, au milieu des collines peu élevées qui bordent la vallée, et à environ une hauteur de 180 à 200 pieds au-dessus du niveau de cette vallée. La couche suit une direction N. 1/4 N.-E. et S. 1/4 S.-O.; elle s'enfonce dans la montagne, sous un angle d'environ 48 degrés à l'est 1/4 S.-E. Plusieurs puits ont été ouverts sur cette couche. Son épaisseur varie de 5 à 9 pieds dans la mine

de Jonh-thao et elle atteint 35 pieds dans la mine de Jonh Chenn, mais on peut calculer sur une épaisseur moyenne de 7 à 8 pieds.

On peut la suivre à la surface du sol sur une distance d'environ un demi-mille, limite aux deux extrémités de laquelle son affleurement disparaît sous le gravier et sous la terre; mais elle continue indubitablement au delà jusqu'à une distance considérable dans les deux directions. Au-dessus et au-dessous de cette couche, il y en a plusieurs autres qui lui sont parallèles; l'une d'elles présente une épaisseur de 4 à 6 pieds.

Caractère du charbon. — Le charbon de la mine Jonh-thao est d'un noir brillant. Sa cassure est inégale ou bien cubique. Il s'allume rapidement, donne une flamme longue et se délite légèrement dans le feu; il brûle avec peu de fumée sans se coller, ni se briser et ne laisse que 4 p. 100 de cendres grises. Sa puissance calorique, calculée d'après les expériences, est très-élevée, la combustion d'une livre de ce charbon pouvant élever 72 livres d'eau de 32 degrés à 212 degrés du thermomètre Fahrenheit. Le charbon pris près du *toit* est friable, celui qui est pris près du *mur* est lamelleux: tout le reste s'extrait en gros morceaux. La pesanteur spécifique de ce charbon est de 1,31. On y trouve des veines minces de pyrite de fer, mais elles ne sont pas en assez grande quantité pour devenir nuisibles. Ce charbon réunit à un degré remarquable les conditions exposées ci-dessus; pour l'usage des navires à vapeur, il égale quelques-uns des meilleurs charbons étrangers.

Puissance de la couche. — Si l'on compte l'inclinaison moyenne de la couche à 48 degrés et son épaisseur à 7 pieds; si l'on suppose en outre que la plus grande profondeur que l'on puisse atteindre sur la pente au moyen d'un puits profond de 1.500 pieds, soit de 700 yards, on aura pour chaque 1.000 yards d'étendue horizontale de la couche (après avoir déduit un tiers pour les déchets, etc.), environ 1 million de tonneaux de charbon vendable.

Près de la couche de Jonh-thao, il y en a plusieurs autres parmi lesquelles toutes celles dont l'épaisseur est suffisante pourraient être exploitées avec la même machine et au moyen du même puits que celle de Jonh-thao, et pour lesquelles il y aurait lieu de compter sur une augmentation de 30 à 100 pour 100 dans la production. Ainsi, en supposant que ces couches soient exploitées sur une étendue horizontale de 3.000 yards, on peut estimer que la mine donnerait 3 millions de tonneaux pour la couche principale et environ 1.300.000 à 3 millions de tonneaux pour les couches parallèles,

soit en tout de 4.500.000 à 6 millions de tonneaux de charbon vendable.

Si ce charbon était très-demandé, l'exploitation de la mine s'étendrait même indubitalement jusqu'au double des distances présumées, tant horizontalement que sur la pente, ce qui quadruplerait les chiffres de production qui viennent d'être indiqués.

Avec le système actuel d'exploitation, le maximum de la production ne peut être qu'une fraction des quantités ci-dessus; à une profondeur de 70 yards suivant l'inclinaison de la couche, les meilleurs moyens d'épuisement que l'on connaisse en Chine seraient impuissants, et l'on peut raisonnablement dire qu'il serait impossible de produire plus du quinzième des quantités que nous avons estimées.

D'après ce que nous a déclaré le propriétaire de la mine de Jonh-thao, le plus qu'il parviendrait à fournir serait 850 tonneaux par an, ou environ le tiers de la quantité consommée annuellement par un navire à vapeur de moyenne dimension. Les deux autres mines qui sont sur la même couche pourraient chacune fournir environ la même quantité.

Prix actuel de charbon.—Le prix actuel est de 16 centièmes de taël pour 160 catties, ou de 2,20 piastres mexicaines pour un tonneau de 2.240 livres.

Mine de Shing-Shonii.—La mine de Shing-Shonii située, à environ 5 lieues au nord-nord-ouest de Chaï-tang, et à laquelle il est facile de se rendre de ce point, est, après celles dont nous venons de parler, celle qui produit le meilleur charbon bitumineux.

Cette couche, dont la direction est nord-est-sud-ouest, présente une inclinaison qui varie de 45 à 90 degrés vers le nord-ouest. L'épaisseur du charbon varie de 3 à 8 pieds. L'étendue de la couche n'a pu être mesurée, mais nous n'avons remarqué aucune cause apparente d'irrégularités.

Caractère du charbon.—Le charbon de cette mine est d'une couleur noire, terne, d'une structure regulière et lamelleuse. Il s'allume vite, brûle avec une flamme longue, se colle aisément et laisse 3 p. 100 de cendres rouges. Sa puissance calorifique est grande; car la combustion d'une livre de charbon peut élever près de 72 livres d'eau de 32 à 202 degrés Fahrenheit. Il est plus sujet à s'enflammer spontanément que celui de Jonh-thao; il est aussi considérablement moins dense, sa pesanteur spécifique n'étant que de 1,28. En outre il produit plus d'escarbilles, à cause de la plus grande fusibilité de ses cendres.

En resumé ce charbon, qui est bon pour faire du coke et pour la

métallurgie, ne convient pas aussi bien pour l'usage des navires à vapeur, en raison de sa tendance à se briser dans les transbordements et aussi à se coller en brûlant ce qui gêne le tirage.

Puissance de la couche.—En comptant sur une épaisseur moyenne de 6 pieds et en supposant qu'on exploite la mine à une profondeur de 300 yards sur la pente, on peut calculer, après déduction du tiers pour déchet, etc., que chaque 1.000 yards d'étendue horizontale donneraient 360.000 tonneaux de charbon vendable. Près de cette couche, il y en a plusieurs autres que l'on pourrait exploiter avec la même machine et au moyen d'un même puits principal.

Près de Tsing-Shoui, à environ 15 lies à l'ouest de Chaï tang, il y a aussi plusieurs mines qui produisent du charbon bitumineux; mais les couches y sont fréquemment traversées par des dykes de roches éruptives, en sorte que leur étendue est très-difficile à apprécier.

Ce charbon est, du reste, d'un noir brillant, très-net et très-ferme; il est très-inflammable, se fond et se colle en brûlant, donne une flamme longue et laisse 12 p. 100 de cendres. Sa puissance calorifique est très-inférieure à celle des autres charbons que nous venons de mentionner; car une livre de charbon n'élève de 32 à 212 degrés que 66 livres 4/10 d'eau. Sa pesanteur spécifique est de 1,38. C'est un charbon qui convient très-bien pour faire du coke et pour tous les usages qui exigent une longue flamme. La presque totalité de ce charbon est employée dans les verreries de Pékin.

Anthracites.—Les seules mines d'anthracite que nous ayons visitées dans le voisinage de Chaï-tang sont celles de Tah-Tsao (ou la grande couche), mais il y en a plusieurs autres dans l'ouest et dans le sud de Chaï-tang.

La mine de Tah-Tsao est située à environ 13 milles de Chaï-tang. Pendant la dernière moitié de la route, on monte une vallée étroite et rocheuse pour atteindre les mines situées à 4 ou 500 pieds d'élévation au dessus de Chaï-tang. On exploite en même temps deux couches qui sont séparées l'une de l'autre par une épaisseur de roches d'environ 8 pieds. La direction de ces couches est nord-est et leur inclinaison à peu près de 45 degrés vers le nord-ouest. La couche supérieure, celle qui fournit actuellement le charbon, présente une épaisseur de 28 à 35 pieds; quant à la couche inférieure, elle varie de 7 à 18 pieds.

Caractère du charbon.— Les 8/9 environ du charbon de cette mine sont de l'anthracite d'une qualité supérieure, que l'on extrait

en grandes roches formées de couches bien définies à cassure conchoïde, et à reflets métalliques brillants.

Cet anthracite brûle sans flamme et sans fumée en conservant sa forme et en laissant de 3 à 4 p. 100 de cendres grises. Sa puissance calorifique est très-élevée; 1 livre d'anthracite échauffe 7 livres 4/10 d'eau de 32 à 212 degrés. Sa pesanteur spécifique est de 1,55. La grande puissance calorifique de cet anthracite le rend très-propre à l'usage des navires à vapeur, lorsque leurs fourneaux sont disposés pour brûler ce genre de combustible.

En comptant pour l'épaisseur moyenne des deux couches prises ensemble 24 pieds seulement, d'après ce que nous avons pu voir, la moyenne dépasserait 40 pieds; la quantité de charbon vendable que donneraient chaque 1.000 yards d'étendue horizontale serait à peu près de 4 millions de tonneaux.

A la mine, le prix actuel de cet anthracite est d'une petite sapèque par cattie, ou d'environ 1,68 piastre mexicaine par tonneau de 2.240 livres.

Les seules autres mines qui aient été visitées sont celles de *Tok-yi* à *Menn-thau-Khan* et celles de *Ying-wo* et de *Tah-chai-tang* à *Sang-Shann-Shyen*.

La première et la dernière de ces trois mines donnent des anthracites qui, bien que doués d'une puissance calorique assez grande, ne peuvent pas convenir pour les navires à vapeur à cause de leur tendance à se briser en brûlant. De même, l'anthracite mou de la mine de Ying-wo se brise trop facilement, et possède d'ailleurs une puissance calorifique trop peu élevée.

— En résumé, les charbons qui conviennent le mieux pour l'usage des navires à vapeur sont : la houille sèche bitumineuse de la mine de Jonh-thao et l'anthracite de Tah-tsao. Comme on n'a examiné que les mines indiquées par les autorités locales, et qu'il y a beaucoup de couches qui n'ont pas été exploitées depuis longtemps, il est probable qu'une exploration plus minutieuse ferait découvrir dans le voisinage de Chaï-tang d'autres charbons d'aussi bonne qualité.

Consommation de charbon par les navires à vapeur en Chine. — Les navires à vapeur qui naviguent dans les mers de la Chine consomment vraisemblablement plus de 400.000 tonneaux qui leur coûtent environ 4 millions de taëls. L'usage des navires à vapeur s'accroît du reste si rapidement, que, d'ici à peu d'années, la consommation du charbon sera indubitablement beaucoup plus considérable qu'aujourd'hui. Actuellement la presque totalité de ce charbon vient des pays étrangers, surtout d'Angleterre, c'est-à-dire d'une distance de 15.000 milles. Il est réellement extraordi-

naire que du charbon extrait d'Angleterre, où les mineurs sont payés trois ou quatre fois plus cher qu'en Chine, puisse être transporté à une distance de 15.000 milles et vendu à Shanghaï au prix que l'on donne à Takou pour le charbon de la province de Tchili.

On importe aussi en Chine du charbon venant d'Amérique, d'Australie et du Japon.

Système à adopter pour développer en Chine l'exploitation du charbon. — La Chine possède une immense étendue de gisements houillers, il n'est peut-être aucun autre pays qui en ait une plus grande; de plus le combustible que l'on trouve dans certains districts est certainement de la meilleure qualité.

Le gouvernement chinois pourrait, en développant convenablement l'exploitation de quelques mines, mettre tout ce commerce entre les mains de sujets chinois qui en tireraient eux-mêmes beaucoup de profit; en même temps les étrangers y trouveraient de leur côté un très-grand avantage. Mais pour arriver à ces résultats, il faut d'abord introduire des procédés d'exploitation qui permettent d'obtenir une production considérable et bien regulière; il faut en outre adopter des moyens économiques pour faire arriver le charbon des mines aux ports de mer.

Comme la mine de Jonh-thao contient des quantités considérables de charbon de bonne qualité, c'est par elle qu'il conviendrait de commencer les améliorations, à moins que l'on ne découvre dans une localité d'un accès plus facile du charbon d'aussi bonne qualité. Il est d'ailleurs impossible qu'en exploitant la couche de Jonh-thao au moyen des meilleurs procédés connus dans ce pays, on arrive à extraire plus du quinzième ou même du trentième de la quantité que l'on extrairait par des procédés européens. Dans ces montagnes, le mineur chinois est obligé, à cause de l'eau qui envahit rapidement les puits, de s'arrêter à une profondeur de 160 à 200 pieds. Jusque-là il peut creuser horizontalement autant qu'il veut, mais comme il ne possède pas les moyens de dépasser cette limite, il ne peut extraire qu'une faible portion du charbon dans toutes les couches qui sont verticales ou fortement inclinées, et d'ailleurs il n'extrait jamais que le charbon de la surface qui est toujours le plus mauvais.

En exploitant la mine de charbon de Jonh-thao, au moyen des procédés qui sont employés en Europe, on arriverait à extraire de 200 à 300 tonneaux par jour, avec une dépense qui resterait inférieure à une piastre par tonneau.

Pour mettre à exécution une entreprise de ce genre, il faudrait employer un ingénieur des mines européen; deux chefs mineurs

pour diriger les travaux souterrains et deux mécaniciens pour la conduite des machines. On ferait venir les machines d'Angleterre ou d'Amérique. Tout le reste pourrait être fait par des travailleurs chinois, et ultérieurement on n'aurait plus besoin d'employer des étrangers.

Mais de semblables améliorations dans le district de Chaï-tang n'auraient que peu d'utilité si l'on n'en faisait en même temps d'aussi importantes dans le mode de transport. Le prix que l'on paye actuellement à Pékin pour le charbon de Chaï-tang est le quintuple du prix de revient aux mines; et ce charbon transporté à Takou coûterait à peu près autant que le charbon anglais rendu à Shanghaï. En outre, pour transporter seulement 200 ou 300 tonneaux par jour à Thong-Chéou, il ne faudrait pas avoir moins du 14.000 à 20.000 mulets car chaque voyage prendrait sept jours. Ce moyen est donc évidemment impraticable, et le transport par voie ferrée est le seul qui puisse convenir. Je pense que la route qui conviendrait le mieux pour l'établissement d'une voie ferrée serait celle-ci:

De *Chai-tang* à *Tsing-peh-Khan*	30 lis.
De *Toing-peh-Khan* à *Chiamaling* et *Kas-Kiakhan*	60
De *Kao-Kia Khan* à *Yang-Jang* et *Thong-Chéou*	145
Et si on la continuait de *Thong-Chéon* à *Takou*	255
	490 lis.

Les seules parties dans lesquelles la construction de cette voie présenterait quelques difficultés sont environ: 2 milles entre *Chai-tang* et *Tsing-peh-Khan*; un mille entre *Tsing-peh-Khan* et *Chia-ma-ling*; 3 milles entre *Chia-ma-ling* et le *Fou-Ten-Ling*, et finalement le passage de cette chaîne qui est d'ailleurs peu élevée. Le travail serait excessivement facile depuis le *Fou-Ten-Ling* jusqu'à *Yang-Pang*, en descendant la vallée de *Kao-Kia-Khan* et dans la plaine jusqu'à *Thong-Chéon* et *Takou*. De *Chaï-tang* à *Yang-Fang*, il n'y aurait qu'un seul cours d'eau important sur lequel il faudrait jeter un pont, et qu'une chaîne de montagnes à passer, le Fou-Ten-Ling.

Le construction d'une voie semblable, et l'introduction des améliorations que j'ai déjà indiquées, auraient certainement pour résultat de faire ouvrir beaucoup de mines importantes, par suite de développer dans ces montagnes arides une industrie d'une grande importance et qui donnerait bientôt des bénéfices considérables.

La nation qui a créé un si vaste réseau de canaux pour faciliter les transports dans l'intérieur du pays, ne peut manquer tôt ou tard de faire, en établissant des voies ferrées là où elles sont nécessaires, ce qu'elle a déjà réalisé si admirablement pour les plaines au moyen de la canalisation.

Les moyens par lesquels une entreprise de ce genre peut être mise à exécution par le gouvernement chinois sont au nombre de trois :

Il peut faire construire la voie ferrée, ouvrir la mine à ses frais, et alors exploiter la voie ainsi que la mine pour son compte ;

Il peut encourager la formation d'une compagnie parmi les capitalistes chinois qui voudraient se charger de l'entreprise;

Enfin il peut donner l'entreprise à une compagnie étrangère.

Il serait bon, avant d'ouvrir les mines de Chaï-tang, d'explorer préalablement les districts houillers de Yneu-Hono-Fou, ceux de la côte est, du golfe de Leon-tong et ceux de la partie méridionale de la province du Hon-Nann.

Le développement de l'exploitation des richesses houillères de ce pays serait excessivement avantageux, non-seulement pour les personnes qui ont un intérêt dans les navires à vapeur, mais encore pour toutes les classes de la population. Plusieurs millions de taëls, qui sortent maintenant du pays pour payer les charbons importés, passeraient de la sorte dans les mains des Chinois. Le besoin de travailleurs, tous Chinois, augmenterait proportionnellement au développement croissant de l'exploitation des mines, et un grand nombre de gens trouveraient ainsi de l'emploi ; car là où le travail des mines ne peut aujourd'hui faire vivre directement ou indirectement qu'un seul homme, plus de cinquante trouveraient facilement leurs moyens d'existence.

La population ne payerait généralement pour le combustible qu'elle consommerait qu'une fraction du prix qu'elle paye actuellement.

D'ailleurs, je n'ai pas parlé des avantages que ces résultats produiraient pour les autres branches d'industrie : or, au bout d'un certain temps, ils seraient immenses dans un pays qui possède, comme celui-ci, un nombre illimité de travailleurs et des ressources extrêmement variées. C'est, en effet, au développement de l'industrie houillère et de la métallurgie du fer que les nations de l'Occident doivent l'accroissement constant de leur puissance commerciale et militaire.

L'Angleterre, avec une population d'environ 21 millions (presque la même que celle de la province du Tchili) extrait annuellement 100 millions de tonneaux de charbon et près de 70 millions de minerais de fer. Les mines de charbon seules emploient près de 220.000 mineurs. La valeur de ces deux produits minéralurgiques, à la sortie de la mine, dépasse 100 millions de piastres et peut même atteindre le double de ce chiffre.

Résumé. — Pour en revenir à l'objet spécial de mon rapport, la

conclusion générale à laquelle j'arrive peut se résumer ainsi :

1° Il existe, près de Chaï-tang des gîtes très-importants de charbon bitumineux et d'anthracite, dont la qualité est égale et quelquefois même supérieure à celle des meilleurs charbons qui sont importés en Chine.

2° Avec les procédés d'exploitation et les moyens de transport employés actuellement, ces charbons ne peuvent pas soutenir la concurrence des charbons étrangers, à cause de la quantité très-faible que l'on peut extraire, des dépenses considérables occasionnées par le transport et du prix de revient qui se trouve très-élevé.

3° Les seuls moyens d'établir une concurrence avec les charbons importés, sont d'introduire sans restriction les procédés d'exploitation européens et d'adopter le transport par voie ferrée, au moins pour le district de Chaï-tang.

4° Cela peut être fait, soit par le gouvernement chinois lui-même, soit par une compagnie de capitalistes chinois, ou de capitalistes étrangers ou mixtes.

6° Tandis que le prix actuel du charbon de Chaï-tang à Takou s'élève à 10 ou 12 taëls par tonneau (tous bénéfices compris), l'adoption du plan que j'ai indiqué permettrait de livrer ce même charbon à Takou à un prix de revient qui serait seulement de 2 à 3 taëls par tonneau.

Mines de combustibles de la Californie.

San Francisco, le 30 décembre 1864.

Depuis que l'exploitation des mines d'or et d'argent en Californie a pris un cours régulier, en ne laissant aux mineurs que des produits limités, comparés à ceux qu'ils en retiraient autrefois, on a demandé de nouvelles ressources aux autres métaux et au charbon de terre.

Comme sur divers points de la côte occidentale d'Amérique, depuis le cap Horn jusqu'à l'île de Vancouver, de riches dépôts de combustibles ont été découverts en Californie. Il y en a notamment dans les comtés de Contra-Costa, Sonoma et Napa.

Parmi ces mines, celles qui sont exploitées avec bénéfice, se trouvent sur le mont Diablo, dans le comté de Contra-Costa (*). Elles

(*) Le combustible du mont Diablo, bien qu'appartenant au terrain tertiaire, d'après M. Whitney, présente cependant la composition d'une véritable houille (voir *Revue de géologie*, par MM. Delesse et Laugel, tome II, page 72).

sont au nombre de cinq : Black Diamond, Union, Eurèka, Pittsburg, et Marhattam ; elles produisent annuellement 120.000 tonnes.

Le charbon s'améliore à mesure que l'on avance en profondeur, et aujourd'hui il peut être appliqué au service des bateaux à vapeur et des usines; cependant, les compagnies de gaz se servent encore de préférence du charbon anglais et australien. Souvent on mêle le lignite californien avec du charbon de provenance étrangère, afin d'obvier à l'inconvénient qu'il a de s'enflammer par l'efflorescence des pyrites.

Pendant le cours de l'année qui va finir, la consommation du charbon de terre du pays a été, en Californie, de 65.000 tonnes, et celle du charbon venant de l'étranger, de 100.000 tonnes. C'est d'Angleterre, de New-York, d'Australie, du Chili et de Vancouver qu'a été importé ce dernier, dont le prix a varié de 12 à 18 dollars la tonne, tandis que celui de Contra-Costa s'est vendu au prix moyen de 8 dollars.

La Californie commence à exporter une certaine quantité de son charbon, principalement aux îles Sandwich.

Les mines du mont Diablo emploient 700 ouvriers à l'extraction du combustible, et, par conséquent, elles sont une source de grands progrès pour les contrées d'alentour; les villes de Clayton, Nortonville, Somersville et Antioche, leur doivent leur naissance et leur prospérité actuelle.

La compagnie propriétaire de la mine de Marhattam vient, après plusieurs mois d'un travail continu, de trouver une couche de charbon de terre qui est de bonne qualité et donne les meilleures espérances; son épaisseur est de 4 pieds, et elle est recouverte par une couche de 5 pieds formée d'un mélange de schiste et de lignite. Ce charbon ressemble beaucoup à celui de Liverpool; et les envois qui en ont été faits à San Francisco ont trouvé immédiatement un placement avantageux pour le chauffage des maisons et pour les autres usages domestiques.

Ces résultats stimulent la recherche des combustibles dans les États et territoires voisins de la Californie; et l'on ne doute pas qu'un jour les produits des mines de charbon de terre du pays ne suffisent aux besoins des nombreuses industries qui l'emploient.

(*Extrait d'une lettre adressée à Son Excellence M. le Ministre des affaires étrangères, par* M. Cazotte, *consul de France à San Francisco.*)

Mines de plomb de la Serbie.

M. de Botmiliou, consul général de France à Belgrade, donne quelques renseignements sur les gîtes de plomb de Koetschaine et de Podrina en Serbie.

A Koutschaina, il paraît que les travaux d'exploitation ont été commencés en 1863 : on aurait extrait pendant cette première année 11.635 kilog. de minerai de plomb contenant de l'argent et de l'or, 2.838.000 kilog. de minerai de zinc. On emploie journellement en moyenne 100 ouvriers, 30 voitures à bœufs et 11 voitures à chevaux. Les ouvriers se payent à peu près 2f,50 par jour. Il existe quatre fourneaux pour la fonte du zinc. La dépense totale pour les frais de premier établissement de diverse nature s'élevait, à la fin de 1863, environ à 109.538 francs.

A Podrina, les travaux sont conduits sur une beaucoup plus petite échelle par un ingénieur des mines de l'État. L'exploitation a commencé dans le courant de l'automne de 1862. On n'y emploie que 13 ouvriers payés également 2f.50. La quantité de minerai extraite s'élevait à la fin de 1863 à 27.889 kilog. Il paraît que ce minerai rend de 50 à 70 p. 100. Les sommes dépensées à la fin de la même année 1863 étaient de 132.426 francs.

Il existe encore quelques mines de plomb en Serbie, surtout dans les districts avoisinant les frontières de la Bosnie. Elles sont exploitées par les paysans de la manière la plus primitive. On estime leur rendement, en y comprenant les mines de Podrina, à 30 ou 40.000 kilog. par an.

(*Extrait d'une dépêche adressée, le 20 octobre 1864, à* M. Drouyn de Lhuis, *Ministre des affaires étrangères, par* M. de Botmiliou, *consul général de France à Belgrade.*)

Mines de cuivre de San Domingos, en Portugal.

La mine de San Domingos, à trois lieues de Mertola, dans l'Alemtejo, mérite de fixer l'attention et bien que son exploitation soit récente, elle fournit dès à présent des produits considérables.

M. James Mason, ingénieur et directeur gérant de l'entreprise, en Portugal, et M. F. T. Barry, directeur commercial à Londres, sont parvenus à placer cette mine au premier rang de toutes ses congénères de la province Huelva, en Espagne.

Le capital employé jusqu'à présent par l'entreprise dans l'établissement de San Domingos et ses accessoires, s'élève au chiffre considérable de 300.000 livres sterling approximativement (7 millions et demi de francs); tout ce capital se trouve immobilisé et représenté par les nombreuses constructions élevées dans la « Serra » de San Domingos, par le chemin de fer qui joint la mine au port d'embarquement et à toutes les constructions faites dans ce port même, etc.

En décembre 1858, on n'apercevait sur la pente de la Serra que le petit ermitage de San Domingos, et aujourd'hui la transformation est telle, qu'on a de la peine à distinguer cet édifice parmi les nombreuses constructions qui constituent le centre de population minière, composée de plus de 300 feux avec une belle église, une école, un hôpital, des habitations et des ateliers pour l'entreprise, un laboratoire, une salle de dessin, un théâtre et une société philharmonique.

Tous ces édifices, construits dans l'espace de six années, sont situés autour des anciennes excavations qui suivent la crête de la Serra.

Le gisement métallifère est formé de pyrite de fer compacte, qui est mélangée de cuivre en quantité variable. En moyenne, elle contient 3 p. 100 de cuivre, et 50 p. 100 de soufre. Cette masse pyriteuse mesure approximativement 500 mètres en longueur et 60 mètres dans la profondeur.

Les travaux les plus profonds atteignent 12 mètres au-dessous de la galerie d'écoulement, galerie Romaine, ou 90 mètres au-dessous de la superficie. Au-dessus de cet étage, il y en a un autre à 12 mètres au-dessous de la galerie.

Le système de travaux de chaque étage consiste dans l'ouverture de galeries longitudinales parallèles à l'axe principal de la masse; et elles sont recoupées par d'autres transversales en conservant des piliers d'épaisseur suffisante pour soutenir les excavations.

Les puits ouverts dans toute l'étendue de la mine sont au nombre de vingt-sept servant, les uns à l'écoulement des eaux, les autres à la ventilation des travaux et à la descente des ouvriers.

L'épuisement se fait au moyen de pompes mues par une machine à vapeur dont la force est de 30 chevaux.

L'extraction s'opère par des galeries inclinées qui font communiquer les deux étages avec la superficie, et le transport a lieu dans le tunnel de l'étage inférieur et supérieur au moyen de wagons mis en mouvement par des mules.

La même machine à vapeur, qui est aujourd'hui employée à l'é-

puisement des eaux, devra sous peu remplacer, pour l'extraction, la force animale.

Un chemin de fer relie la mine à Pomerão, port d'embarquement situé sur la rive gauche du Guadiana, près de l'embouchure de la rivière de Chanca, qui sépare l'Alemtejo de la province espagnole de Huelva. La distance à parcourir est approximativement de 18 kilomètres. Le transport, fait primitivement par des mules, ensuite par un système mixte de mules et de locomotives, est aujourd'hui complétement opéré par des locomotives d'une construction spéciale.

Le port de Pomarão n'existait pas; on l'a créé. Les rives escarpées du Guadiana ont été abaissées sur un espace suffisant pour recevoir les différentes voies d'évitement du chemin de fer, les dépôts de minerai, les maisons d'habitation, les bureaux et les magasins.

Un excellent quai revêt, sur une grande étendue, la rive du fleuve et les nombreux navires à voiles et à vapeur qui viennent prendre charge à Pomarão.

Le service est monté de telle façon que les wagons viennent décharger directement le mineral dans les cales des navires.

Un vapeur de l'entreprise est constamment en marche entre Pomarão et Villa Real de Santo Antonio, donnant la remorqne aux navires à voiles lorsque le vent ne leur est pas favorable.

Sans le Guadiana, de navigation si facile sur un aussi long parcours, sans le bon port d'embarquement créé à Pomarão et le chemin de fer construit par la compagnie la mine de San Domingos aurait le sort de beaucoup d'autres qui vivent à grand'peine, faute de moyens faciles de communication.

Aujourd'hui l'importance de ce port est telle que le gouvernement y a fait établir un bureau télégraphique et une délégation douanière de première classe, où les navires sont inscrits et les droits d'importation et d'exportation acquittés.

Le nombre des navires qui ont pris charge à Pomarão durant l'année 1864 à destination de la Grande-Bretagne a été de 563. La quantité de minerai exportée par ces navires a été de 123.000 tonnes anglaises du poids de 1.016 kilogrammes.

Le premier chargement de mineral de San Domingos s'est effectué le 23 mars 1859 et, dans la période écoulée depuis lors jusqu'au 31 décembre 1844, l'exportation totale a atteint le chiffre de 400.000 tonnes.

Toutefois cette énorme quantité de minerai représente seulement une faible partie de la masse métallifère que la mine de San

Domingos peut fournir. Seule, la quantité de minerai encore contenue dans la partie de la masse située au-dessus de l'étage qui est à 562 mètres, s'élève à peu près à 6 millions de tonnes, et elle permettrait une consommation annuelle de 200.000 tonnes de pyrite pendant trente ans.

Sur un point appelé Achado do Gamo, près du chemin de fer, il est aujourd'hui question de monter un vaste établissement où seront calcinés, triturés et traités par le procédé de cémentation les pyrites dont la pauvreté en cuivre ne permet pas l'exportation sur les marchés étrangers. Dès à présent une machine à vapeur et des appareils de préparation mécanique sont montés, et l'on poursuit activement la construction des fours de calcination et celle des réservoirs de cémentation.

Deux grands étangs, qui doivent fournir l'eau nécessaire à cette opération, sont déjà construits.

Le nombre des personnes employées dans les divers services est considérable; la direction technique, l'administration, les travaux souterrains et à ciel ouvert, les différents ateliers, le chemin de fer et le port de Pomarão occupent dès aujourd'hui près de 900 personnes. Ce chiffre s'est élevée à 5.000 pendant les travaux de construction du chemin de fer.

Le nombre des mules qui travaillent dans l'intérieur de la mine, aux différents services extérieurs et au transport du minerai par le chemin de fer, était, en avril dernier, de 269; avant la construction du chemin de fer, lorsque le transport jusqu'à Pomarão était fait exclusivement par ces animaux, il s'est élevé à 1.500.

Outre les immenses avantages que le Portugal retire indirectement de cette colossale entreprise, ceux qu'elle produit directement pour le fisc ne sont pas moins importants; car l'impôt spécial des mines payé pour les exportations de minerai en 1864 a rendu 18.863 $ 250 reis (104.795 fr.); d'un autre côté, l'ensemble des contributions foncière, personnelle, industrielle et municipale, ainsi que des droits d'importation et d'exportation divers, a atteint, durant la même année, le chiffre de 18.773 $ 420 reis (104.292. fr.)

(*Extrait d'une dépêche adressée, le 1er novembre 1864, à* M. DROUYN DE LHUIS, *Ministre des affaires étrangères, par M. le* CONSUL DE FRANCE *à Lisbonne.*)

Mines de cuivre de la Californie.

San Francisco, le 8 février 1865.

Le cuivre est un des métaux les plus répandus en Californie, et depuis quelques années il est devenu l'objet d'investigations sérieuses qui ont fait découvrir sur un grand nombre de points de ce pays de nombreux gisements.

Depuis le comté d'El Norte jusqu'à celui de Los Angeles, en suivant une zone au pied des versants occidentaux de la Sierra Nevada et de ses contre-forts, on trouve des dépôts considérables de minerai de cuivre présentant sur une ligne, souvent interrompue, les mêmes circonstances de gisement. Ainsi dans la partie supérieure sont généralement les oxydes, les carbonates, quelquefois même le métal à l'état natif; tandis qu'en avançant dans la profondeur on trouve des sulfures simples pour la plupart, faciles à traiter, et offrant de grands avantages par leur mélange pour la fonte des autres minerais.

Les mines découvertes jusqu'à ce jour sont en si grand nombre qu'il est impossible de les énumérer toutes; mais parmi les plus remarquables figurent celles du comté d'El Norte à quelques milles de Crescent City, où le cuivre natif apparaît en plusieurs endroits; de Bank (comté de Butte), de Copper Hill (comté de Placer), de Cosumnes (comté d'Amador), de Copperopolis (comté de Caldveras), du mont Diablo (comté de Contra Costa), de la Soledad (comté de Los Angeles), du Colorado entre les forts Mohave et Yuma et maintes autres qui ne sont pas encore en exploitation. Sans contredit, les mines de Copperopolis et de Cosumnes donnent comparativement aujourd'hui les plus beaux résultats.

Dans le premier de ces districts, les mines de l'Union, de Keystone et de Napoléon sont les principaux centres d'exploitation. On y a introduit toutes les ressources de la science pour faciliter l'extraction, le transport du minerai et assurer, au moyen de machines à vapeur, l'épuisement des eaux. A l'Union, deux cents ouvriers sont journellement employés aux travaux. La mine a plus de 220 pieds de profondeur et les galeries horizontales augmentent tous les jours d'étendue. La moitié de cette mine vient d'être vendue pour une somme de 500.000 dollars (2.500.000 fr.) par l'un des propriétaires à ses coassociés.

Dans quelques mines, on trouve accidentellement certaines parties de filons qui donnent 50, 40, 29, 25 p. 100; mais ce sont des cas extraordinaires, et il ne faut pas baser sur ces chiffres les chances

de succès des opérations. La moyenne des minerais de l'Union donne 25 p. 100; toutefois les frais de transport sont si considérables, qu'il serait plus avantageux de soumettre les minerais à une première fonte, et de destiner seulement les mattes à l'exportation. La quantité de minerai extraite de la mine peut être calculée à environ 2.000 tonneaux par mois.

En 1864, il a été expédié de San Francisco les quantités suivantes de minerai pour diverses destinations et principalement pour Boston :

	TONNEAUX.	VALEURS.
		fr.
Centre de l'Amérique en transit	16	10.625
Angleterre	2.765	946.549
États-Unis (Boston)	11.534	4.516.125
Totaux	14.315	5.473.299

Les articles de retour pour l'Europe et les États de l'est de l'Amérique devenant chaque jour plus recherchés, afin de solder les valeurs des importations en Californie, tout porte à croire que l'exportation des minerais de cuivre de cette contrée prendra plus de développement. C'est un résultat qui ne peut manquer de se produire dès que le concours d'une grande population aura fait diminuer la main-d'œuvre, et par conséquent les frais d'exploitation.

(*Extrait d'une lettre adressée à* M. Drouyn de Lhuys, *Ministre des affaires étrangères, par* M. Gabotte, *consul de France à San Francisco.*)

Mines de cuivre du Chili.

Santiago le 25 février 1865.

L'exploitation des mines de cuivre commence à donner des résultats dans les Cordillères de la province de Nuble.

Ces mines qui, pendant quelques années, ont mis à l'épreuve la constance et la fortune de plusieurs spéculateurs, découvrent au-

jourd'hui toute leur richesse. Suivant les dernières nouvelles, quelques-unes de ces mines sont exploitées avec un grand succès. L'une d'elles présente une veine atteignant environ 70 centimètres d'un minerai dont la richesse varie, dit-on, entre 60 et 80 p. 100.

La population de cette province, uniquement livrée jusqu'ici à l'industrie agricole, trouvera désormais dans les mines une nouvelle source de prospérité.

On a découvert dernièrement à Lebu, petite anse à l'embouchure de la rivière de ce nom, au sud de la ville d'Aranco, des mines de charbon de terre. L'exploitation de ce combustible pourra donner plus d'importance à la colonie fondée dans cet endroit, qui jusqu'ici n'a pris que bien peu de développement.

(*Extrait d'une lettre adressée à* M. DROUYN DE LHUIS, *Ministre des affaires étrangères, par* M. FLORY, *consul général de France à Santiago.*)

Mines de cuivre de la République Argentine.

Des mines de cuivre aurifère et argentifère viennent d'être découvertes dans la province de Catamarca.

Plusieurs échantillons provenant d'un filon ou d'un gîte ayant une largeur d'environ 3m,40, présentent une grande richesse en cuivre; il est à remarquer que ceux qui contiennent le moins de cuivre ont au contraire plus d'or et d'argent. Du 1er juin au 9 juillet 1864, on a extrait d'une seule mine, la mine du Rosaire, 6.000 quintaux de minerai.

Les mines d'argent de la Hoyada, dans l'ouest de la même province, sur le chemin de Copiapo, sont aussi en pleine activité; les demandes de concession deviennent de plus en plus nombreuses.

(*Extrait d'une dépêche, du* 11 *septembre* 1865, *adressée à* Mr. DROUYN DE LHUIS, *Ministre des affaires étrangères, par* M. VERNOUILLET, *chargé d'affaires de France à Buenos-Ayres.*)

Amélioration du fer et de l'acier par du minerai titanifère.

Un ingénieur de Londres, M. Martin, propose d'utiliser, pour l'amélioration du fer et de l'acier, le fer oxydulé titanifère en sable, provenant des côtes de la Nouvelle-Zélande (*).

Ce sable abonde surtout au pied du mont Egmont, ancien volcan, et le long du rivage de la mer entre New-Plymouth et Taranaki.

Il donne à l'essai, dans un creuset brasqué, jusqu'à 75 p. 100 de fer ou d'acier.

En réduisant ce minerai, dans un petit cubilot, on obtient de la fonte titanifère qui, ajoutée au fer et à l'acier dans la proportion de 5 p. 100, en rehausserait la qualité.

M. le consul de France, à Birmingham, a vu des chaînes-câbles, du fer en barres et de la tôle, venant des forges de MM. Hipkins et fils à West-Brunswick, qui ont été obtenues en puddlant un mélange de fonte commune et de fonte titanifère.

Ces échantillons ont résisté à des efforts de traction plus considérables que le fer ordinaire.

M. le consul assure aussi que MM. Mosely, couteliers à Londres, ont fabriqué, avec l'acier fondu titanifère, des rasoirs et des instruments de chirurgie qui paraissent supérieurs aux articles similaires préparés avec l'acier généralement employé pour ces outils.

Enfin on aurait encore appliqué avec avantage ce minerai à la préparation de la sole et du cordon des fours de puddlage.

En résumé donc, il semble résulter de ces renseignements que la fonte titanifère améliore réellement le fer doux et l'acier fondu.

(*Extrait par M.* GRUNER, *inspecteur général des mines, d'un rapport adressé à M. le Ministre des affaires étrangères par* M. BOISSELIN, *consul de France à Birmingham.*)

(*) On sait, par des expériences de M. le duc de Luynes, que le tungstène et le titane accroissent la dureté et la ténacité de la fonte et de l'acier; en ce qui concerne le titane, le fait a été récemment constaté par M. Mushet de Sheffield.

Garniture métallique de M. Duterne.

« Le sieur Duterne a adressé à M. le ministre des travaux publics une lettre par laquelle il le prie de vouloir bien faire examiner le nouveau mode de fermeture autoclave qu'il a inventé pour remplacer les presse-étoupes que renferme le mécanisme des machines à vapeur.

« Les presse-étoupes qui sont destinées à former des fermetures hermétiques autour des pièces mobiles, se composent de tresses de chanvre ou de coton fortement comprimées autour de ces pièces. Ces matières tendant toujours à reprendre un plus grand volume, serrent les tiges mobiles et empêchent la vapeur de se répandre au dehors. Mais le chanvre et le coton s'usent rapidement, et un entretien constant est nécessaire si l'on veut que ces appareils fonctionnent bien. Ces réparations sont coûteuses, non-seulement par la dépense des matières premières, mais surtout par la main-d'œuvre qu'elles exigent. Dans les chemins de fer les mécaniciens sont presque constamment occupés à arranger les presse-étoupes.

« Frappé de ces inconvénients, le sieur Duterne s'est proposé de remplacer le chanvre et le coton par une matière métallique dont l'usure fût beaucoup moins rapide. La première condition était d'obtenir une substance remplissant les deux conditions suivantes : 1° elle devait durer assez longtemps ; 2° elle devait être assez douce pour ne pas rayer les tiges mobiles. On est arrivé à ces deux résultats en la composant ainsi :

Étain.	30	parties	ou	46.15	p. 100
Cuivre.	10	—	ou	15.39	—
Plomb.	20	—	ou	30.77	—
Régule.	5	—	ou	7.69	—
				100.00	p. 100

« On obtient alors un alliage facile à fondre et dont la dureté est suffisante, sans cependant être assez grande pour avoir une action nuisible sur le poli des pièces.

« Pour avoir une fermeture hermétique, il fallait non-seulement que la vapeur ne pût passer entre les tiges et les garnitures, mais encore qu'elle ne trouvât pas d'issue entre cette dernière et les parois de la boîte qui la renferme. On est arrivé à ces deux résultats en fondant une pièce en deux portions présentant une ouverture exactement semblable à la section de la pièce mobile qu'elle doit embrasser; ces deux portions ont des joints disposés de ma-

nière qu'il y ait contact, lors même que les parties ne sont pas exactement placées l'une contre l'autre et, en outre, que la vapeur, pour s'échapper dans le sens de la longueur de la tige mobile, soit obligée de parcourir, non pas une ligne droite, mais une ligne brisée. La partie mobile du presse-étoupe ordinaire est rodée de manière à présenter dans son intérieur un tronc de cône, et la portion de la garniture métallique, du côté de l'extérieur, est moulée suivant une forme exactement semblable. L'autre partie, tournée vers l'intérieur, forme un autre tronc de cône sur laquelle s'adapte une bague en métal de la même espèce et sur cette bague vient agir un ressort placé au fond de la boîte à étoupe, et s'appuyant contre sa paroi inférieure. La bague de fond, qui raye si souvent les tiges et qui est assez chère, est supprimée.

« De ces dispositions, il résulte que lorsque la tige est entraînée vers l'extérieur, la garniture métallique, tirée par celle-ci et poussée par le ressort, tend à établir un contact toujours plus parfait entre les deux troncs de cône, et, par suite, une fermeture hermétique entre la tige et la garniture et entre celle-ci et la boîte à étoupe.

« Quand le piston marche dans un sens opposé, la vapeur, ainsi que le ressort agissant sur la garniture, tendent à opérer le même effet.

« Des garnitures métalliques de cette nature sont en service depuis un an sur une machine de la compagnie de l'Ouest. L'étude que l'on en a faite a démontré qu'elles ne laissaient rien à désirer. Pendant les premiers jours la vapeur sortait en très-faible quantité, mais l'huile destinée à graisser la tige a déterminé une adhérence complète et une fermeture hermétique. On n'a pas encore eu besoin d'y rien changer, et nous ferons remarquer que, dans ces garnitures, il n'y a pas de ressort ni de bague ; la traction de la tige et la pression de la vapeur suffisent pour amener un contact parfait. On doit appliquer ce système à cinq nouvelles locomotives de la compagnie de l'Ouest.

« Dans les machines à condensation, on remplace le ressort par une bague circulaire en caoutchouc, afin de pouvoir maintenir le vide. Nous n'avons pas vu de machine de cette nature, mais l'inventeur prétend être arrivé à un très-bon résultat.

« Le sieur Duterne a disposé sur ses appareils des moyens de graissage de tige, mais ce point ne présente pas de particularités spéciales. La garniture métallique du sieur Duterne nous paraît destinée à remplacer tous les presse-étoupes dont l'emploi présente tant d'inconvénients. Une fois en possession de moules con-

venables, tout propriétaire d'appareils à vapeur pourra préparer lui-même et d'avance les garnitures nécessaires à ses machines et les placer en quelques instants lorsque les autres seront usées. Mais cet appareil ingénieux, dont la description mériterait d'être publiée dans les recueils technologiques, ne paraît pas présenter un intérêt bien évident pour les chemins de fer, et la sous-commission est d'avis qu'au point de vue spécial quelle est chargée d'étudier, la proposition du sieur Duterne n'est susceptible de recevoir d'autre suite que le renvoi pour insertion dans les *Annales des mines et des ponts et chaussées.*

(*Rapport présenté à la commission des inventions et règlements, par MM.* DUPARC *et* DUCHANOY.)

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME NEUVIÈME.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

CHIMIE ET PHYSIQUE.

MÉTALLURGIE. — MINÉRALURGIE.

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

CONSTRUCTION. — CHEMINS DE FER.

BULLETIN.

EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME NEUVIÈME.

Pages.

Pl. I.

Fig. 1. Atelier de préparation mécanique de Level-Fawr, en septembre 1860.
Fig. 2. Atelier de Frongoch.
Fig. 3 à 11. Accessoires du Round Buddle; les *fig.* 3 à 6 représentent l'appareil appelé *Tormentor*, pour désagréger et délayer les boues; les *fig.* 7 à 10, la disposition qui sert à remonter régulièrement les planchettes et à les maintenir dans le sens des génératrices du cône boueux; enfin les *fig.* 10 et 11 sont celles d'une huche pour charger les produits secondaires qui repassent au travail.

Pl. II.

Fig. 1 et 2. Disposition d'ensemble de la tête de l'atelier; appareils pour le lavage, le classement de grosseur et les triages opérés sur le minerai sortant.
Fig. 3. Coupe de la grille pour le lavage et le premier classement.
Fig. 4. Trommel à mailles en fil de fer pour séparer les petits fragments d'avec le menu de mine; détails de construction.
Fig. 5. Élévation latérale et élévation de face du wagon de roulage employé dans la grande galerie de Level-Fawr.
Fig. 6. Masse pour le cassage des blocs.
Fig. 7. Cuve (*Tozing Kieve*) pour achever l'enrichissement des sables fins et des slimes; l'agitateur s'enlève au moment où le dépôt va se former.
Fig. 8. Plan et coupe de la *Tye* ou caisson enrichisseur.

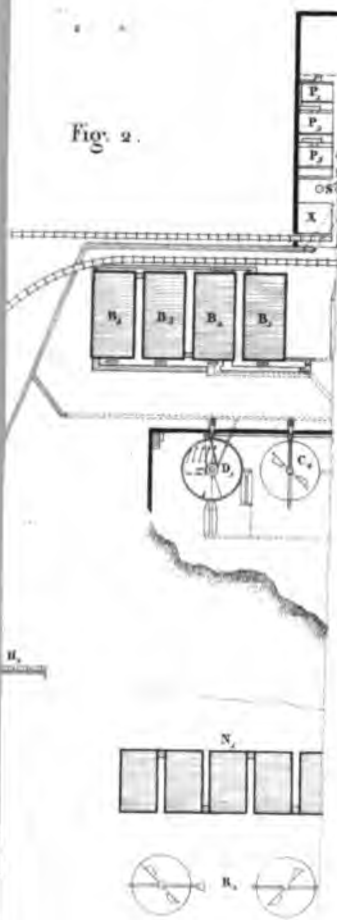
Pages.

Pl. XIV.

Pl. XV.

FIN DU TOME NEUVIÈME.

Paris. — Imprimé par E. Thunot et Cᵉ, rue Racine, 26.


Puits Pryse
Atelier de Frongoch
en 1860.
Fig. 2.
P
P
P
X
B
B
B
B
D
C
H
N
R

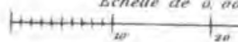
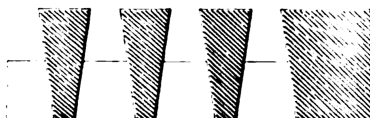
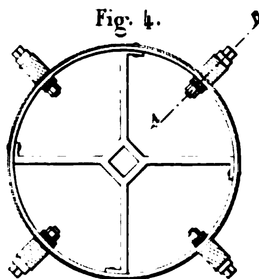

Echelle de 0, 00133 p
10
20

Fig. 3. *Grille.*



Trommel.

Fig. 4.



Coupe par AB.

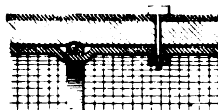
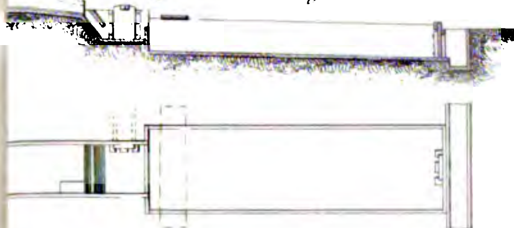
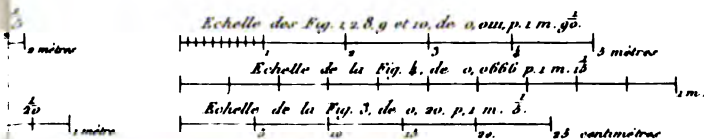


Fig. 10. *Shaking Trunk.*





Lemaitre Graveur de l'Empereur sc.

Fig. 7

Fig. 1. *Coupe par EF. GH.*

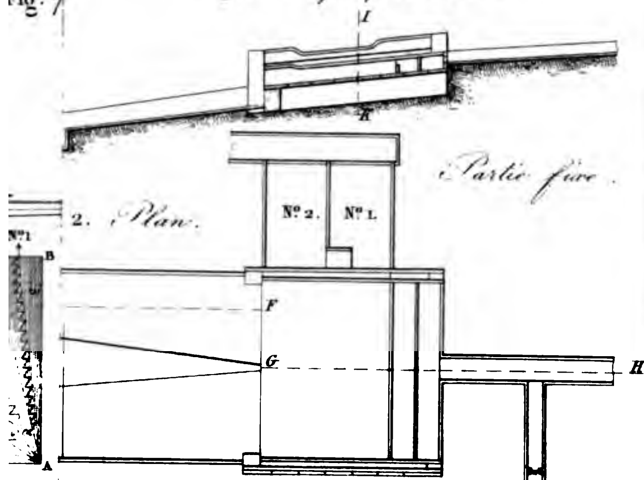


Fig. 3. *Coupe par IK.*

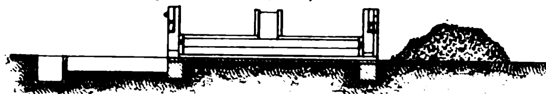
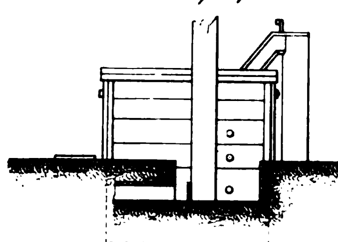
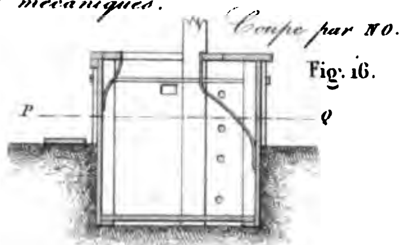


Fig. 14. *Coupe par LM.*



Cribles mécaniques.



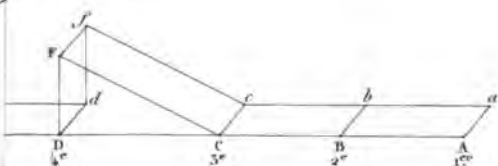
Coupe par NO.
Fig. 16.

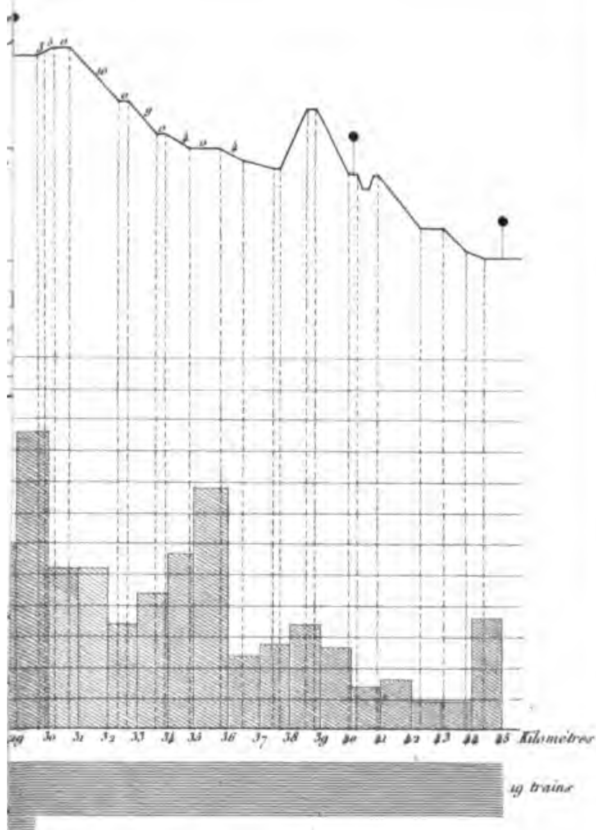
3 décim.

10 mètres

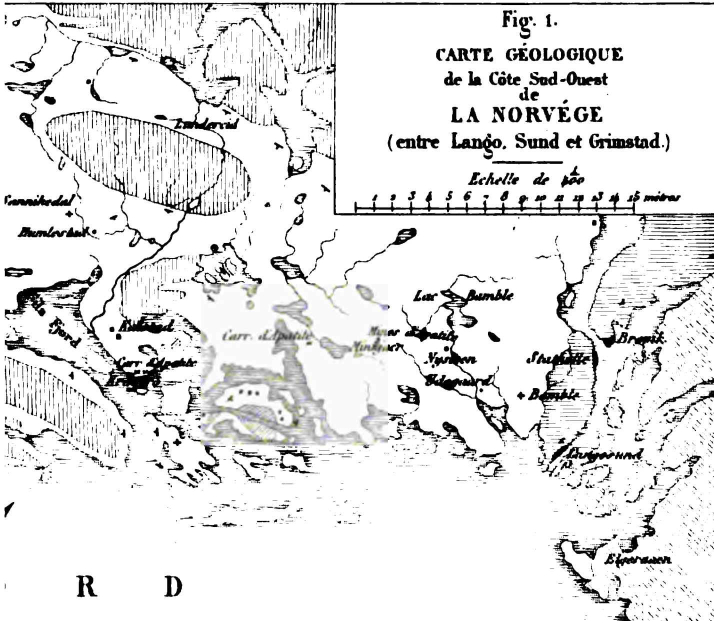
Lemaitre Graveur de l'Empereur sc.

...ns de fer de l'Autriche.





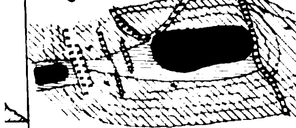
Lemaitre Graveur de l'Empereur sc.



Gisement de Naeskilen.



Fig. 6. Mine de Laerestved.



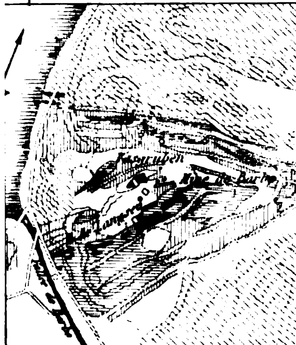


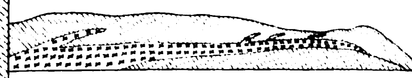
Fig. 9. Falaise du Lac de Langser



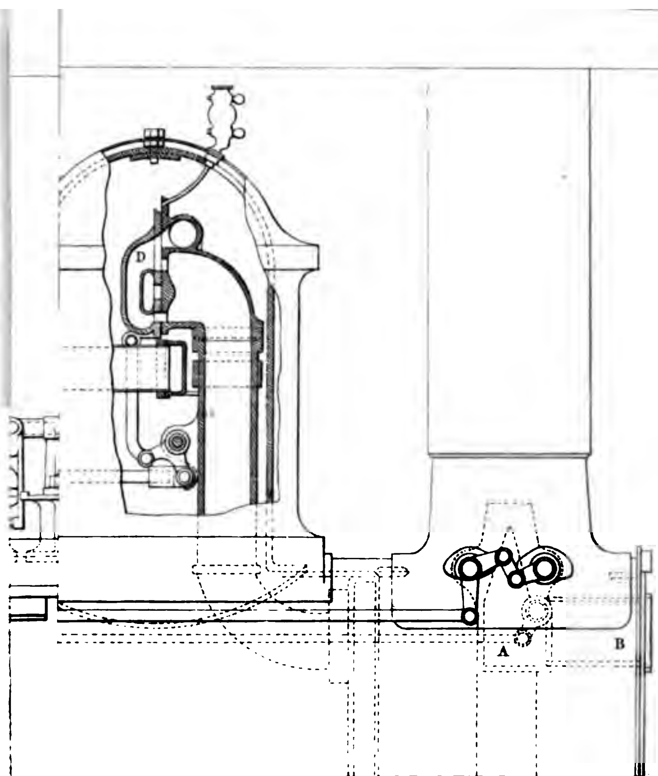
Explication des signes des Fig. 2 à 10

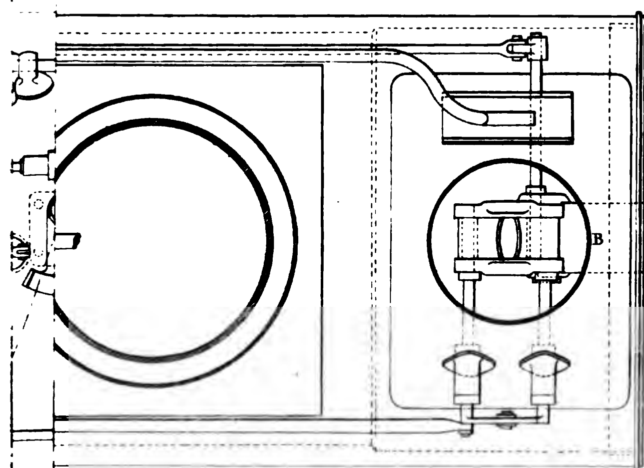
- *Quartzite.*
- *Schistes amphiboliques.*
- *Gisements d'Aspasiolithe.*
- *Gneiss gris et schistes micacés divers.*
- R *Roche métallifère*
- *Hypérite.*
- *Gabbro.*
- *Filons carbonatés de Langö.*
- *Pegmatite et Syénite.*
- C *Filons calcaires d'Arendal.*
- P *Filons de Porphyre pyroxénique.*
- *Mines principales.*
- *Excavations d'importance secondaire.*
- *Halde.*

Fig. 10.
Tranchée dans la Route d'Arendal à Naes.



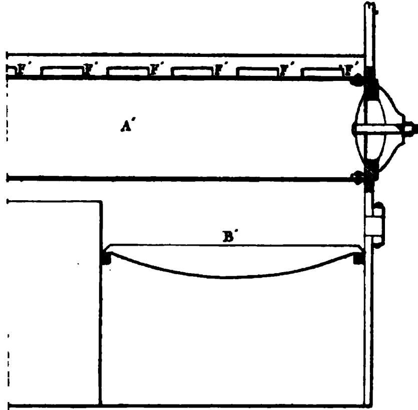
Lemaitre Graveur de l'Empereur. sc.



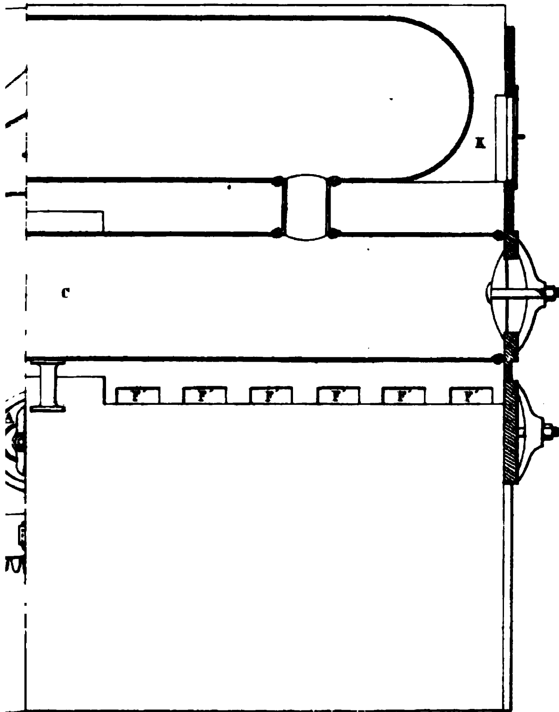


Lemaitre, Graveur de l'Empereur sc

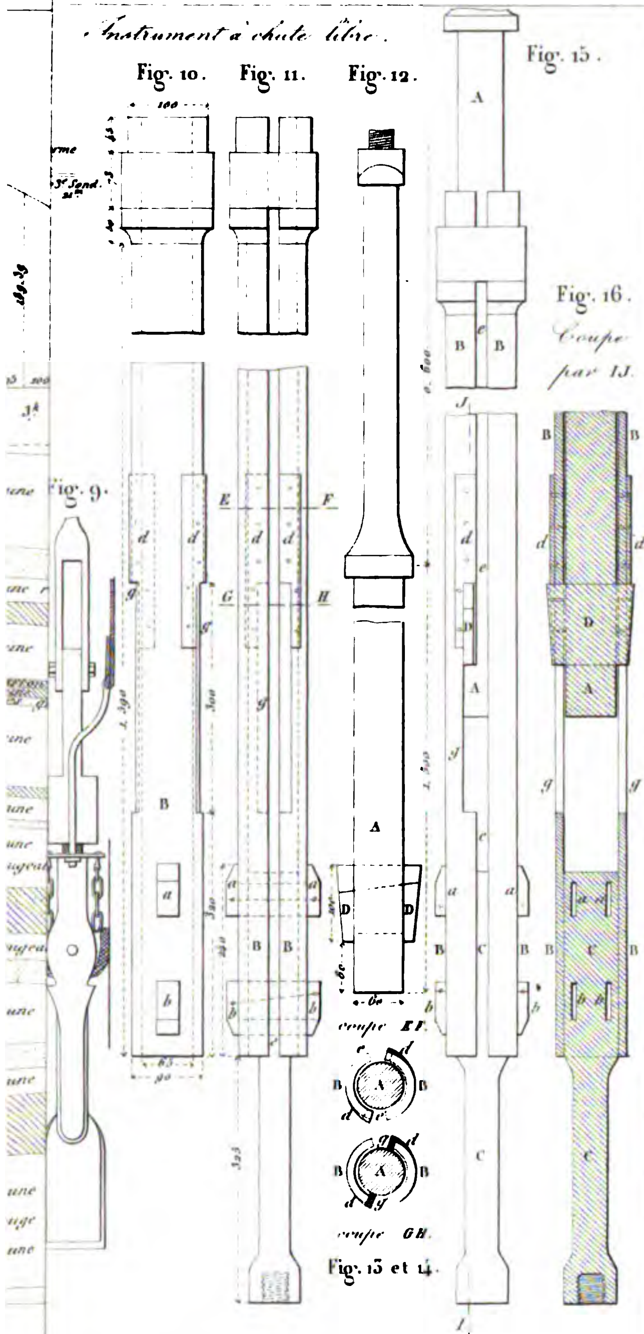
r suivant MN, de la Fig. 1.



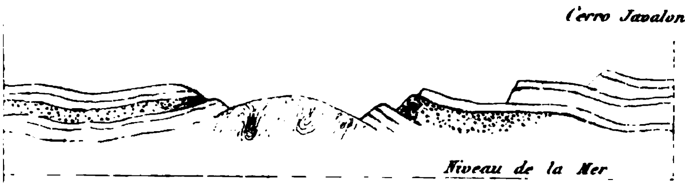
2.



Lemaitre, Graveur de l'Empereur, sc.



Lemaître Graveur de l'Empereur, sc.



B.

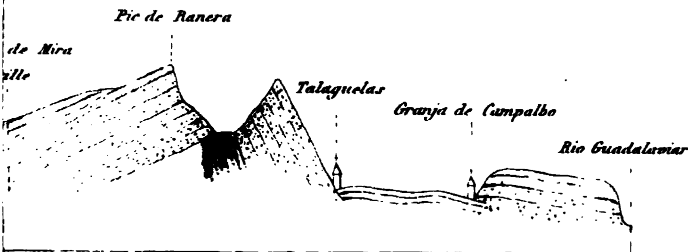


Fig. 2. Coupe par la ligne CD.

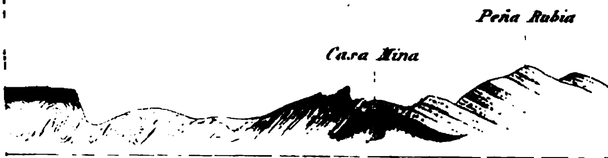


Fig. 3. Coupe par la ligne EF.

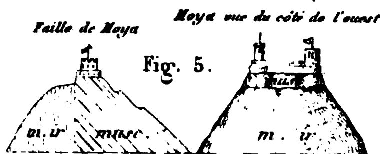
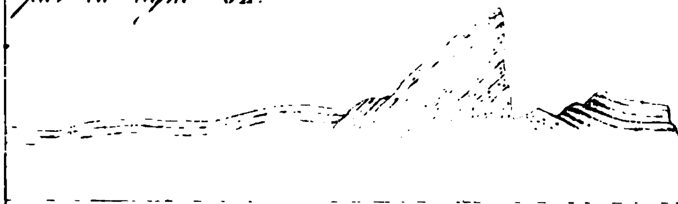
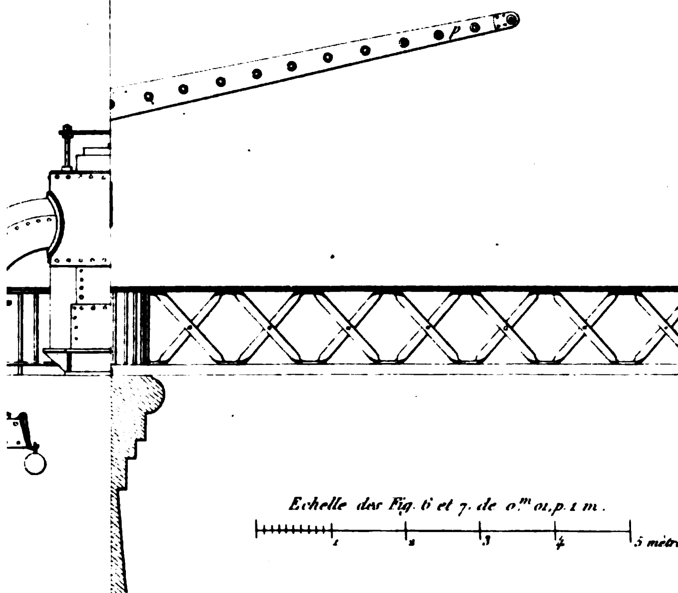


Fig. 5.

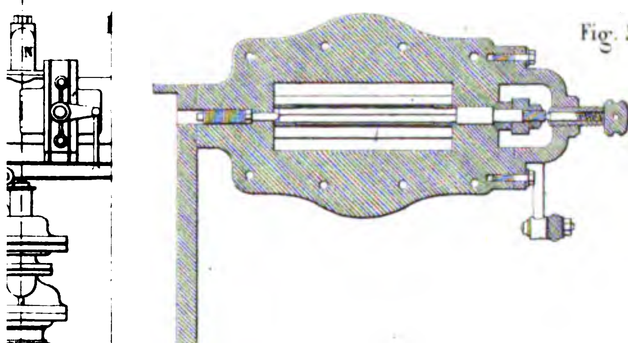
par la ligne GH.

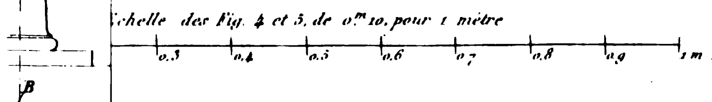


Lemaitre Graveur de l'Empereur sc

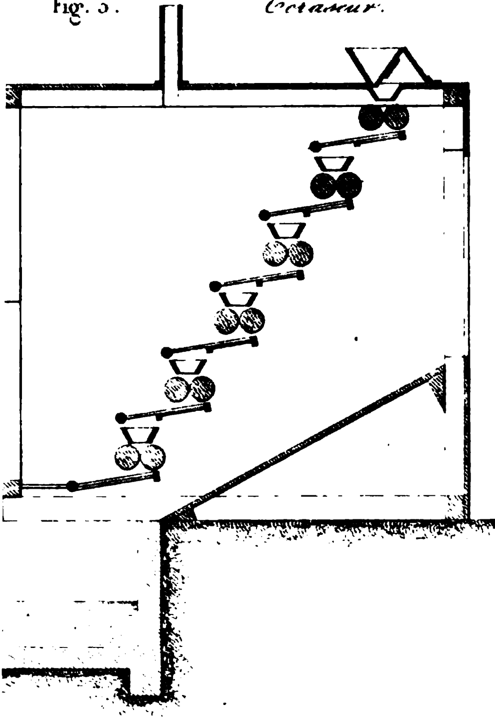


de face ... de la Valve.

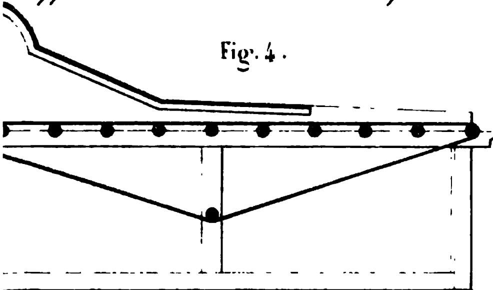




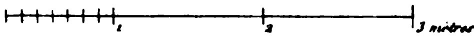
Lemaitre Graveur de l'Empereur, sc.



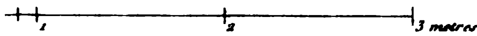
Appareil à enlever le blanc de plomb.



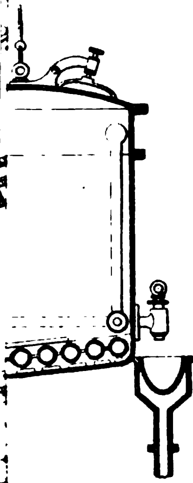
Echelle de la Fig. 4. de 0,02 pour 1 mètre.



le de la Fig. 3. de 0,025 pour 1 mètre.



Lemaître, Graveur de l'Empereur, sc.



hydraulique respiratoire



Fig. 5.

Masque hygiénique de M. E. Paris.



Fig. 6.

Echelle de la Fig. 1. de 0, 01. pour 1 mètre.

1 2 3 4 5 6 mètres

Echelle de la Fig. 2. de 0, 066. pour 1 mètre.

1 2 3 4 5 10 mètres

Echelle de la Fig. 3. de 0, 03. pour 1 mètre.

1 2 mètres

Echelle de la Fig. 4. de 0, 025. pour 1 mètre.

1 2 mètres

Lemaître, Graveur de l'Empereur. sc.

…vapeur surchauffée

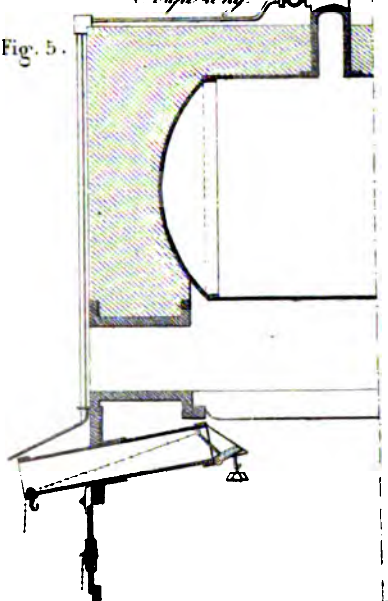
…ierry

…dinale

Hydrofère des foyers rectangulaires employé dans la Moselle, embrassant toute la long.^r de la grille.

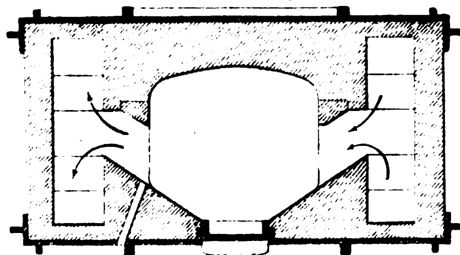
Coupe long.^le

Fig. 5.

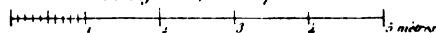


…le.

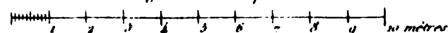
Fig. 9. Coupe horizontale.



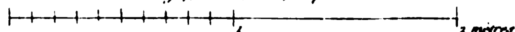
Echelle des Fig. 1 et 2, de 0,01 pour 1 mètre



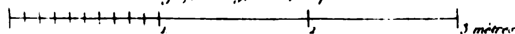
Echelle de la Fig. 3, de 0,005 pour 1 mètre



Echelle des Fig. 4, 5 et 6, de 0,03 pour 1 mètre



Echelle des Fig. 7, 8 et 9, de 0,02 pour 1 mètre

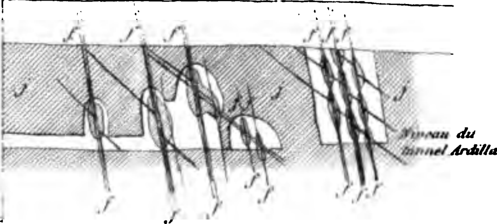


Lemaitre, Graveur de l'Empereur, sc.

Neu^e Almaden
de la Planilla _ Coupe verticale par AB.

Fig. 4.

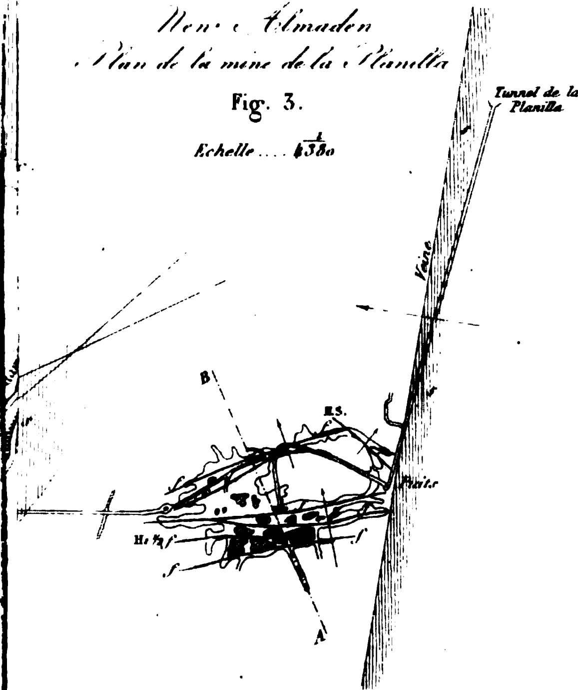
Echelle.... 1/1440



Neu^e Almaden
Plan de la mine de la Planilla

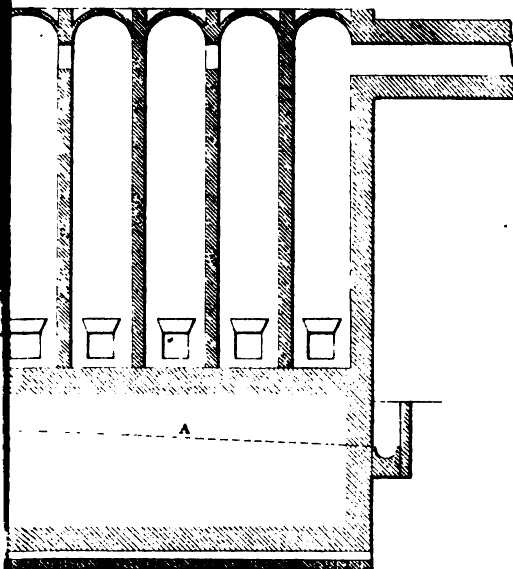
Fig. 3.

Echelle.... 1/4380



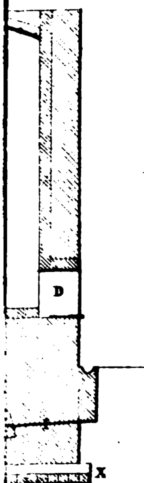
Lemaitre Graveur de l'Empereur sc.

...upe par AB.CD.



...ue

GH.



Petit condenseur.

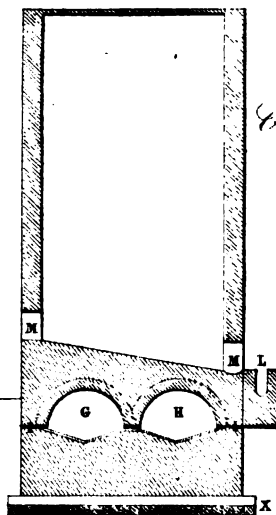


Fig. 4.

Coupe par

IJ.

Lemaitre, Graveur de l'Empereur sc.